

Г. Д. КОПЕЛЯНСКИЙ

Перевязано 35 р.

Н О В Ы Е
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(СЫРЬЕ, ПРОИЗВОДСТВО, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ)



ГОССТРОЙИЗДАТ

НТБ
ДНУЖТ

Г. Д. КОПЕЛЯНСКИЙ

НОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

(СЫРЬЕ, ПРОИЗВОДСТВО, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ)

С ПРЕДИСЛОВИЕМ ПРОФ. Г. М. ЛЮДВИГ

Комитетом по высшему техническому образованию при ЦИК СССР допущено к изданию в 1933 г. в качестве учебного пособия для строительных вузов



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ И СУДОСТРОЕНИЯ

МОСКВА

ГОССТРОЙИЗДАТ

ЛЕНИНГРАД

1933

НТБ
ДНУЖТ

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | Стр. |
|--|------|
| <i>Предисловие . . .</i> | 5 |
| <i>Предисловие автора</i> | 6 |
| Вводная часть | 7 |
| Глава I | |
| Основное сырье в промышленности новых строительных материалов | 12 |
| Известь воздушная | 13 |
| Гидравлические добавки | 24 |
| Кислые гидравлические добавки | 27 |
| Пуццоланы | — |
| Диатомовые земли | — |
| Трассы | 45 |
| Сиштоф | 46 |
| Основные гидравлические добавки | 47 |
| Известково-пуццолановые цементы | 50 |
| Гипсовые вяжущие вещества | 55 |
| Гипс полугидратный (алебастр) . | 56 |
| Гидравлический гипс (эстрих-гипс) | 62 |
| Ангидритовый цемент | 65 |
| Легкие или теплые заполнители | 68 |
| Котельные шлаки . | 69 |
| Гранулированные доменные шлаки | 81 |
| Пемза | 83 |
| Щебень диатомовый, трепельный и опочный | 84 |
| Керамзит | 85 |
| Глава II | |
| Растворы | 87 |
| Известковый раствор | 89 |
| Растворы из гидравлической извести | 90 |
| Растворы из портланд-цемента | 91 |
| Смешанные растворы | — |
| Известково-диатомовые растворы | 92 |
| Шлаковые растворы | 106 |
| Легкие растворы | 107 |
| Экономика смешанных известково-пуццолановых и легких растворов . | 111 |
| Глава III | |
| Стеновые материалы | 115 |
| Обжиговые материалы | 117 |
| Диатомовый кирпич | — |
| Глинопористый кирпич | 120 |

| | Стр. |
|---|------------|
| Материалы, получаемые путем запарки под давлением | 127 |
| Силикатные литые камни | 128 |
| Материалы, получаемые путем пропарки при атмосферном давлении или путем воздушного вызревания | 134 |
| Легкобетонные (теплобетонные) камни | — |
| Легкобетонные камни с минеральными заполнителями | 173 |
| Легкобетонные камни с органическими заполнителями | 191 |
| Искусственно-пористые бетоны | 198 |
| Газобетон | 199 |
| Пенобетон | 201 |
| Неразъемные глиняные изделия | 211 |
| Глинокальцинированные блоки | 212 |
| Глава IV | |
| Термоизоляционные материалы | 217 |
| Фибролитовые плиты | 218 |
| Магнезиальный и доломитовый фибролит | 219 |
| Сырье для магнезиального цемента | 220 |
| Каустический магнезит | — |
| Хлористый магний | 223 |
| Сернистый магний | 224 |
| Магнезиальный цемент | 227 |
| Производство магнезиального фибролита | 230 |
| Известково-трепельный фибролит | 237 |
| Производство известково-трепельного фибролита | 238 |
| Изделия из соломы и камыша | 254 |
| Камышит (соломит) | — |
| Изделия на базе отходов технических культур | 271 |
| Морозил | — |
| Шевелин | 274 |
| Торф-сфагнум и изделия из него | 275 |
| Торфяная засыпка | 277 |
| Торфоизоляционные плиты (торфоплиты) | 280 |
| Торфофанера | 284 |
| Глава V | |
| Перегородочные материалы | 288 |
| Гипсовые изделия | 290 |
| Листовой алебастр | 301 |
| Глава VI | |
| Кровельные материалы | 303 |
| Плитки сланцевые кровельные | 304 |
| Этернит | 308 |
| Толь кровельный | 313 |
| Руберойд | 318 |
| Пергамин | 323 |
| Толь-кожа | — |
| Гольцемент | 324 |
| Тероксил | 326 |
| Экономика кровельных материалов | 327 |
| Библиография | 339 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

Индустриализация страны, потребовавшая высоких темпов промышленного и жилищного строительства, и необходимость значительно снизить стоимость его привели к постановке вопроса о максимальном форсировании производства новых и местных строительных материалов.

Однако, несмотря на постановления XVI партсъезда, XVII партконференции и ряд последующих указаний ЦКК РКК, положение с производством новых строительных материалов все еще неудовлетворительно.

Отсутствие достаточного опыта в производстве новых строительных материалов, желание отдельных работников поскорее выпустить в свет свои изобретения без достаточно углубленной лабораторной проработки их — часто приводили к кустарничеству и вульгаризации технологических процессов.

Качество новых стройматериалов весьма понижено из-за несоблюдения основных положений технологического процесса, а стоимость этой продукции значительно превышает установленные нормы. В результате этого в массе строителей (в частности среди студенчества строительных вузов) наблюдается настороженное отношение к новым строительным материалам, подчас доходящее до отрицания самой идеи их производства. Это влечет необходимость переключить максимум энергии на серьезную и углубленную работу по изучению их свойств и пределов их применения.

Каждый вновь предлагаемый строительный материал должен обладать определенными физико-химическими свойствами, быть достаточно долговечным, экономичным и в производстве и в применении и должен вводиться в промышленность лишь тогда, когда технология его производства будет вполне освоена. Строитель должен обладать достаточным количеством знаний, чтобы уметь определить сравнительные достоинства того или иного материала, производить выбор между ними и уметь заменять один другим.

Все это обязывает к систематическому, и последовательному, а не случайному изучению в строительных вузах технологии новых строительных материалов и условий применения их в строительстве. Препятствием к этому до сего времени служила разбросанность накопленных данных по отдельным журналам и брошюрам.

Работа Г. Д. Копелянского восполняет этот существенный пробел. Автор использовал для составления настоящего труда данные работ наших научно-исследовательских организаций, в том числе и лично им проведенных, опыт наших производственных предприятий и материалы, опубликованные в заграничной литературе.

Описание материалов применительно к их целевому назначению в строительстве облегчает студенту пользование книгой. Наличие технологических показателей, выявляющих на конкретных примерах взаимодействие техники и экономики предмета, заостряет внимание на сравнительной рентабельности материалов. Это особенно важно, если учесть совершенно недопустимую дороговизну новых строительных материалов в 1931 и 1932 гг. Книга насыщена данными производственного характера, что позволяет ее рекомендовать не только как учебное пособие, но и широким кругам строителей.

Проф. Г. М. Людвиг

НТБ
ДНУЖТ

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

До настоящего времени весьма существенные затруднения при прохождении курса строительных материалов в наших вузах вызывало отсутствие учебного пособия, содержащего методическое изложение вопросов, связанных с производством и применением новых строительных материалов.

Настоящая книга, предназначенная в первую очередь для студентов строительных вузов в качестве пособия по курсу строительных материалов, является попыткой восполнить этот пробел. Автор задался целью систематизировать критически проверенные данные о важнейших новых строительных материалах, вышедших из стадии лабораторных проработок в СССР и изготавлиющихся на наших предприятиях.

В изложении строго выдержана классификация материалов по их функциональному признаку (основное сырье, стеновые материалы, теплоизоляционные, перегородочные, кровельные), что позволит студенту легко ориентироваться в выборе того или иного материала.

Отбор материалов и распределение между ними листажа книги произведены с учетом практических возможностей применения тех или иных новых строительных материалов в строительстве и возможности производства материалов на строительной площадке или строительном дворе.

Раздел о каждом материале отвечает следующей схеме: определение материала, сырье для его производства, химизм производственных процессов, технологические процессы с их схемами, свойства материала и причины, вызывающие их изменение, применение материала в строительстве, экономические предпосылки его применения и перспективы развития производства.

Описанию производства материалов, могущих изготавливаться лишь заводским путем, отведено незначительное место. В тех случаях, когда это оказалось возможным, в книге приведены полевые методы испытания материалов.

Содержание книги, охватывающей сырье, технологические процессы, свойства и применение материалов, позволяет рассчитывать, что она будет полезна не только студентам, но и широкой массе квалифицированных строителей.

Для составления этого труда использован ряд опубликованных работ научно-исследовательских институтов и отдельных научных работников, перечень которых приведен в библиографическом указателе, равно как и результаты обширных работ, проведенных автором совместно с инж. Н. А. Поповым в области растворов, заполнителей и легковесных камней.

Настоящая работа до сдачи ее в печать была просмотрена коллективом научных работников ЦНИИПС под руководством ныне покойного Н. М. Иванова.

Автор выражает свою глубокую благодарность гг. В. А. Андриевскому, М. Е. Гришину, М. Н. Емельянову, П. В. Лапшину, Н. А. Попову, С. А. Семенову, В. В. Суровцеву, Н. В. Трубникову и М. А. Хигерович, сделавшим ряд важных замечаний.

Независимо от этого работа была внимательно просмотрена Егором Владимировичем Костырко, сделавшим ряд ценных указаний, с глубокой благодарностью учтенных автором.

Автор

Москва, июль 1933 г.

НТБ
ДНУЖТ

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Определение. Новыми строительными материалами называются материалы, которые до последнего времени либо вовсе не применялись в строительстве, либо же применялись редко и в весьма незначительных количествах. Употребление их, с одной стороны, ввиду меньшего объемного веса новых стройматериалов облегчает строительные конструкции, а с другой стороны, позволяет на основе использования местных сырьевых баз восполнить дефицит в так называемых „старых“ строительных материалах.

Облегчение конструкций, связанное в большинстве случаев вследствие использования местных сырьевых баз с уменьшением расходов на перевозку строительных материалов, приводит в конечном результате к значительному удешевлению строительства.

В качестве сырья для производства новых строительных материалов наряду с естественным сырьем (камень, глина, диатом, органическое волокно и т. д.) могут быть использованы и отходы различных промышленных производств и сельского хозяйства (шлаки, стружки, опилки, солома, кора и т. д.).

Таким образом производство новых строительных материалов может и должно ориентироваться на использование местных сырьевых баз, что и предопределяет в основном размещение и размеры производственных установок для выработки новых строительных материалов.

Значение новых строительных материалов и роль их в строительстве. В большинстве случаев строительной практики новые строительные материалы могут заменить собой старые. Если к тому же учесть, что стоимость строительных материалов составляет, включая транспортные расходы, до 60% стоимости чистого строительства, то становится ясным, какие богатые возможности удешевления и индустриализации строительства сопряжены с применением новых и местных строительных материалов.

Некоторые строители, не зная свойств и преимуществ новых строительных материалов, рассматривают их как материалы неполноценные, обладающие недостаточной механической прочностью и недостаточной долговечностью, и относят их к категории суррогатов. В отношении большинства новых строительных материалов эта точка зрения является безусловно неправильной. Причисление новых строительных материалов к суррогатам создает представление о них, как о материалах временного назначения, применение которых в промышленных и жилых зданиях I, II и III классов недопустимо. Отсюда вытекает утверждение о нецелесообразности капитальных вложений в промышленность новых строительных материалов.

Правильная оценка новых строительных материалов может быть дана только в случае правильного подхода к оценке понятий „механическая прочность строительного материала“ и „долговечность строительной конструкции“.

Правда, прочность старых строительных материалов, например обычно

венного строительного или известково-песчаного кирпича, значительно выше прочности подавляющего большинства новых стеновых материалов. Но это обстоятельство отнюдь не может служить основанием для причисления новых строительных материалов к категории суррогатов, так как дело здесь не в прочности, как таковой, а в соотношении между прочностью и теми разрушающими усилиями, которые прилагаются к данной конструкции. Так наружные стены могут быть несущими и ненесущими (например стены каркасного типа или наружные стены при наличии внутренних несущих стен). Ненесущие стены выполняют исключительно роль теплоизоляционного ограждения. Поскольку напряжения в кладке несущих стен и каркасных заполнений совершенно различны, постольку и требуемая прочность также может быть совершенно различной, в пределе снижаясь до способности выдерживать лишь свой собственный вес. Таким образом в ряде случаев прочность обыкновенного строительного и известково-песчаного кирпича является для данных конструкций избыточной.

Столь же условно и понятие „долговечности“ строительной конструкции.

Установка на 60—100-летний срок службы зданий в ряде случаев не правильна и невыгодна с точки зрения народного хозяйства. Очень часто моральный износ¹ промышленных и жилых зданий наступает значительно раньше физического их износа, и капиталовложения в строительство, обусловленные требованиями повышенной долговечности, оказываются излишними.

Из изложенного ясно, что нет никакого основания относить новые строительные материалы, в подавляющем большинстве удовлетворяющие требованиям относительной прочности и устойчивости, к категории суррогатов.

Причины, вызвавшие организацию производства новых строительных материалов. Необходимость производства новых строительных материалов является следствием колоссального роста потребности в строительных материалах. Эту потребность невозможно удовлетворить за счет ранее применявшихся недостаточно эффективных строительных материалов, производство которых требует не только весьма больших капиталовложений, но и затрат значительного количества топлива.

В Западной Европе и САСШ вскоре по окончании войны 1914—1919 гг. началась организация производства новых строительных материалов, в ряде случаев идентичных ныне изготавливаемым у нас. Несмотря на кризис, переживаемый сейчас капиталистическим хозяйством и вызвавший острую депрессию на строительном рынке, многие новые строительные материалы прочно завоевали себе широкое применение в строительстве. Новые строительные материалы вызвали появление новых конструкций. Развитие новых конструкций в свою очередь обусловило дальнейшее расширение производства и применения новых строительных материалов.

В СССР новые строительные материалы появились примерно в 1924 г. Внедрение их в промышленность строительных материалов и в строительную практику шло чрезвычайно медленно как в силу невыясненности и недоработанности ряда технологических вопросов, так и вследствие консерватизма многих технологов и строителей. Лишь в 1930 г. после постановления XVI партсъезда о том, что „большое внимание должно быть обращено на производство новых видов строительных материалов“ — наступил резкий перелом.

Однако несоответствие производственных программ промышленности

¹ Под моральным износом здания понимается его несоответствие изменяющейся технологической схеме производства, габаритам вновь вводимого оборудования и т. п., равно как и несоответствие изменяющимся культурно-бытовым потребностям населения.

новых строительных материалов значительному росту темпов капитального строительства было вновь отмечено XVII партийной конференцией, указавшей, что для выполнения плана капитального строительства в 1932 г. необходимо „всемерное внедрение и развитие новых и местных материалов и конструкций из них“.

В соответствии с этими постановлениями при построении контрольных цифр промышленности строительных материалов на вторую пятилетку запроектировано максимальное развитие новых строительных материалов.

При этом значительная часть строительных материалов должна быть произведена в порядке использования внутренних ресурсов строительства, непосредственно на стройплощадке (подсобные предприятия и строительные дворы).

Основные моменты для суждения о сравнительной выгодности строительных материалов. Для суждения о сравнительной выгодности строительных материалов необходимо прежде всего установить, по каким признакам должно производиться сравнение различных строительных материалов и какие обстоятельства должны определять выбор того или иного материала среди аналогов. При этом остановимся, в первую очередь, на материалах стеновых как имеющих наибольшее значение в строительстве.

Важнейшими признаками, характеризующими тот или иной строительный материал, являются: а) объемный вес материала; б) его транспортабельность; в) расход топлива при его изготовлении; г) размер капиталовложений в строительство производственных предприятий; д) возможность использования материала в сборном строительстве.

Разберем эти признаки:

а) Чем меньше объемный вес материала, тем меньше его теплопроводность и, следовательно, тем тоньше и дешевле может быть стена из данного материала при одинаковых теплозащитных свойствах. Зависимость между объемным весом и толщиной стены установлена с достаточной практической точностью проф. В. П. Некрасовым. Он дает следующую формулу для определения толщины неоштукатуренной стены во втором климатическом поясе:

$$d = \frac{\gamma}{28}, \quad (1)$$

где d — искомая толщина стены, а γ — объемный вес материала в $кг/м^3$.

При наличии штукатурки с одной стороны формула принимает вид:

$$d_1 = \frac{\gamma}{30}, \quad (2)$$

а при двухсторонней штукатурке:

$$d_2 = \frac{\gamma}{31}. \quad (3)$$

Для прочих климатических поясов действительны формулы:

$$d = \frac{\gamma \cdot n}{28 \cdot 2,5} \text{ и т. д.}, \quad (4)$$

где n — толщина стены в штуках кирпича, установленная для данного климатического пояса теплотехническими нормами комиссии по строительству при СТО¹.

Пример. В Москве строится жилой дом из трепельного кирпича при объемном весе последнего $1100 кг/м^3$; какова должна быть толщина стены?

¹ Для первого пояса n равно 3, для второго пояса — $2\frac{1}{2}$, для третьего пояса — 2 и для четвертого — $1\frac{1}{2}$ см. См. „Технические условия и нормы для теплотехнического расчета ограждающих конструкций и систем отопления в гражданском строительстве“.

Поскольку кладка из трепельного кирпича, обладающего большой влагоемкостью, должна помимо внутренней штукатурки штукатуриться также и снаружи, то подсчет производится по формуле (3):

$$a = \frac{1100}{31} = 35,5 \text{ см.}$$

Принята толщина в 38 см, что дает некоторый термический запас.

б) Транспортабельность материала является функцией его объемного веса. Сравнение транспортабельности отдельных материалов, равно как и всех последующих техно-экономических показателей, надлежит производить в пересчете на количество материалов, затрачиваемых на строительную единицу (квадратный метр стены, кубический метр здания, квадратный метр полезной площади и т. д.). Так например было бы неправильно сравнивать транспортабельность 1000 шт. кирпича и 1000 шт. легкобетонных камней, так как из данного количества материалов можно возвести различное количество квадратных метров стены при одинаковой теплозащите: в первом случае — около 5 м² и во втором — около 42 м². Сравнению подлежат поэтому 1000 шт. кирпича и 120 шт. камней (5 м³). Таким образом на удлинение возможного радиуса перевозок при одинаковой затрате вагоно-километров влияют два фактора: уменьшение веса материала и сокращение расхода такового, вследствие возможности утонить стену. Следует заметить, что утонение стены, в большинстве случаев связанное с увеличением размеров фабриката (камни, блоки, плиты), сопровождается значительной экономией в растворе, что опять-таки приводит к увеличению транспортабельности материала.

С вопросом о транспортабельности материала (как и сырья для его производства) тесно связан вопрос о географическом размещении предприятий, производящих строительные материалы.

Оптимальным случаем здесь является совпадение сырьевой базы, как прасило предопределяющей место строительства производственной установки, с пунктом потребления. Но так как подобные случаи не часты, то приходится считаться с необходимостью перевозки сырья или же готового фабриката. Повышенная транспортабельность, присущая новым строительным материалам и сырью для их изготовления, допускает более распространенное толкование понятия „местная сырьевая база“ и по сравнению со старыми стройматериалами дает более рациональные и рентабельные решения.

в) Что касается расхода топлива, то все строительные материалы возможно разделить по этому производственному признаку на две основные группы: на обжиговые и безобжиговые материалы. Последняя группа в свою очередь подразделяется на материалы, производимые путем запарки под повышенным давлением (запарочные котлы — автоклавы), путем запарки при атмосферном давлении (в парильных камерах), путем воздушного вызревания и наконец естественные строительные материалы (камень). Интересы народного хозяйства требуют максимального облегчения топливного и энергетического баланса страны, а следовательно предпочтительного производства и потребления безобжиговых строительных материалов. Это обстоятельство было отмечено президиумом ЦКК — РКИ, постановление которого от 29/III 1931 г. указывает на то, что основной линией в дальнейшем развитии производства искусственных стеновых материалов надлежит считать расширенное производство укрупненных и крупноблочных камней, производимых без обжига на базе извести, трепела, песка, шлака, глины, цемента (последнего — в небольших количествах, в виде исключения).

Совершенно естественно, что и при отборе тех или иных безобжиго-

вых материалов следует исходить также из сравнительного расхода топлива, пересчитывая таковой на строительную единицу.

г) При значительно возрастающей потребности в строительных материалах и при необходимости строительства большого количества производственных предприятий чрезвычайно существенным является вопрос о размерах капиталовложений в промышленность строительных материалов и об эффективности этих вложений как в смысле наиболее быстрого ввода производственных установок в эксплуатацию, так и в отношении количества строительных единиц, которые могут быть выведены из годовой продукции данного предприятия. Анализ проектов различных установок показывает, что наиболее рентабельным для народного хозяйства с этой точки зрения является производство материалов с малым объемным весом (например фибролит), за исключением тех случаев, когда организация производства связана с применением сложного и дорогостоящего оборудования (например инсорит).

д) При выборе того или иного материала нужно считаться с необходимостью реконструкции строительного производства и с необходимостью значительного сокращения трудоемкости стройпроцессов.

Опыт истекших лет показывает, что решением вопроса является переход к индустриальным методам сборного строительства из укрупненных готовых частей.

Осуществление монтажного строительства возможно только при переходе к производству новых строительных материалов, будь то элементы несущих конструкций или материалы заполнения, так как технология старых строительных материалов не допускает изготовления фабрикатов в виде крупных блоков, а следовательно не дает возможности в полной мере механизировать строительный процесс.

Таковы основные техно-экономические положения, определяющие целесообразность преимущественного производства того или иного материала с точки зрения всего народного хозяйства в целом.

Классификация. До сего времени нет окончательно выработанной и признанной классификации новых строительных материалов. Возможны два метода классификации, имеющие одинаковое право на существование: по признаку сырья, идущего на изготовление данного материала, и по признаку назначения готового материала в строительстве. Первый принцип классификации пригоден преимущественно для технологических руководств. В настоящем же курсе, предназначенном для строителей, в основу классификации положен второй принцип: все стройматериалы разделены на стеновые, теплоизоляционные, перегородочные и кровельные.

ГЛАВА I

ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

подавляющее большинство новых строительных материалов возможно рассматривать как сложные материалы, основными составляющими которых являются вяжущие вещества и заполнители. Вяжущие вещества представляют собой или продукт обжига (известь, портланд-цемент) или продукт смешения обожженного материала с гидравлическими добавками (трепелом, гранулированными шлаками, сиштоффом и т. д.).

Требования, предъявляемые к промышленности новых строительных материалов со стороны народного хозяйства в отношении удешевления продукции, уменьшения расхода топлива и т. д., приводят к преимущественному использованию тех вяжущих материалов, на изготовление которых затрачивается наименьшее количество топлива и производство которых требует наименьших расходов на оборудование. Таковыми вяжущими материалами являются: известь—воздушная¹, гипс, обожженный при различных температурах, и различные цементы, получающиеся путем смешения загашенной в порошок воздушной извести с гидравлическими добавками (известково-диатомовый цемент, изоль-цемент, известково-шлаковый цемент, глинит-цемент и т. п.).

В настоящей главе будут описаны лишь вышперечисленные виды вяжущих и сырье, требуемое для их изготовления (гидравлические добавки).

В качестве заполнителей минерального или органического происхождения применяются почти исключительно естественные каменные материалы (пемза, туф, ракушечник, трепел и т. д.) или отходы производства (шлаки, опилки, солома и т. д.), не требующие для своего производства ни затраты топлива, ни сложного оборудования.

Наибольшее значение имеют заполнители минерального происхождения (различные шлаки, диатомовая щебенка, пемза, керамзит и т. д.). Заполнители же органического происхождения (стружки, опилки, камыш и т. д.), возможности использования которых менее разнообразны, а сырьевые ресурсы более ограничены, являются в большинстве случаев факультативным видом сырья, и их описание отнесено к тем материалам, для изготовления которых они используются (фибrolит, камышит, торфяные плиты и т. д.).

Таким образом под основным сырьем для промышленности новых строительных материалов нами понимаются: известь, гидравлические до-

¹ Воздушными вяжущими веществами называются материалы, затворенные водой и превращающиеся в камневидную массу при нахождении на воздухе. Гидравлическими вяжущими веществами называются материалы, твердеющие после затворения не только на воздухе, но и под водой.

бавки, известково-пуццолановые цементы и легкие заполнители минерального происхождения.

ИЗВЕСТЬ ВОЗДУШНАЯ

Определение. Воздушная известь есть продукт, получаемый обжигом чистых или доломитизированных известняков, не содержащих значительных примесей глинистых веществ, до полного выделения ими углекислоты (CO_2).

Получаемое из воздушной извести при гашении ее достаточным количеством воды известковое тесто при хранении без доступа воздуха не отвердевает в течение неограниченного времени.

Воздушная известь в кусках белого или серого цвета, в том виде, как она получается после обжига, называется кипелкой или комовой негашеной известью. Главной составной частью кипелки является безводная окись кальция (CaO). Содержание последней совместно с окисью магния согласно ОСТ должно быть не менее 85%.

При действии на кипелку ограниченного количества воды получается гашеная известь, имеющая вид тонкого порошка, главной составной частью которого является гидрат окиси кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Такая гашеная известь называется пушонкой.

Известь, получаемая из известняков с малым содержанием глинистых и песчаных примесей, гасится быстро и со значительным выделением тепла, образуя при этом тесто, весьма объемистое и жирное на ощупь. Такая известь называется жирной.

Известь, получаемая из известняков с более значительным содержанием глинистых и песчаных примесей, гасится менее энергично, чем жирная, и дает грубое на ощупь, шероховатое тесто (вследствие большой крупности частиц). Такая известь называется тощей.

Воздушная известь, сырье для производства которой имеется повсеместно на территории СССР, являлась до начала XX в. наиболее распространенным вяжущим материалом для приготовления строительных растворов. В последующие годы, в связи с присущими известковому раствору недостатками (незначительная прочность, медленное твердение) и развитием цементной промышленности, потребление извести относительно сильно снизилось. Однако в последние годы открытие ряда новых гидравлических добавок и изучение их взаимодействия с известью позволило перейти к применению известково-пуццолановых растворов как для каменной кладки, так и в особенности для производства легкобетонных камней, фибролита и т. д. В связи с этим воздушная известь вновь приобретает преобладающее значение среди вяжущих материалов.

Сырье. Как уже сказано выше, сырьем для получения извести-кипелки являются чистые и доломитизированные известняки, встречающиеся на территории СССР в очень многих пунктах.

Для обжига извести могут употребляться плотные мраморовидные известняки (редко), плотные известняки, меловые известняки, ракушечник и известковый туф. Помимо углекислой извести в известняках обычно содержатся различные посторонние примеси, большинство которых неблагоприятно отражается на качестве извести.

Обычно известняки содержат различные примеси, значение которых для качества получаемой извести различно. Прежде всего упомянем о примеси углекислой магнезии (MgCO_3): незначительное количество MgCO_3 (до 2%) не отражается на качестве извести; повышенное же содержание MgCO_3 (доломитизированные известняки, т. е. известняки, содержащие от 2 до 10% MgCO_3), может явиться причиной пережога. Помимо этого доломитизированные известняки медленно гасятся, что в свою очередь связано с опасностью гашения извести уже в деле. При увеличении со-

держания $MgCO_3$ свыше 10%¹ получается доломитовая известь (см. прочность). При наличии в доломитовых известях (серая известь) глинистых примесей она обладает гидравлическими свойствами¹.

Количество глинистых и песчаных примесей обуславливает выход жирной или же, наоборот, тощей извести. Жирная известь может быть получена, если количество этих примесей незначительно. При увеличении количества примесей до 6% и выше получается тощая известь².

Наличие в известняках глинистых примесей обуславливает при обычно принятом методе обжига не только получение тощей извести, но и вызывает понижение качества извести в других отношениях. Именно примесь глины вызывает оплавление или спекание извести при более низких температурах, нежели температура обжига, вследствие образования более легкоплавких известковых силикатов и алюминатов. При этом на поверхности обжигаемых кусков образуется поверхностная стекловидная корка (пережог), затрудняющая гашение извести, так как вода проходит через нее с трудом. А так как гашение извести обычно ограничено известным сроком, то возможны случаи, что пережженная известь частично не успевает загаситься в творильной яме и погасится уже после употребления в дело известкового раствора, т. е. например в готовой кладке. Гашение будет сопровождаться увеличением в объеме, т. е. вспучиванием раствора, в результате чего произойдет растрескивание раствора и связанное с этим повреждение кладки или штукатурки.

При комбинированном наличии в известняках глины и магнезии или при повышенном содержании магнезии получается недожог. Недожог объясняется тем, что температура диссоциации углекислого магния значительно ниже, чем углекислого кальция (630°C), и тем, что магнезия является сильным плавнем. Во избежание пережога обжиг следует вести в этих случаях при более низкой температуре. Но в этом случае значительная часть углекислой извести не успевает обжечься (температура обжига менее 700°) и остается при последующем гашении извести в виде непогасившихся каменистых кусков, представляющих собой неактивное инертное вещество. Таким образом, качество извести все же оказывается невысоким.

Пережог извести можно установить до гашения, с одной стороны, по более темной ее окраске, а с другой, — по повышенной твердости остеклованной поверхностной корки.

Недожог извести можно установить до ее гашения следующим образом: нужно взять из партии несколько кусков извести (5—10) и разбить их пополам. Известь хорошего качества имеет однородный по строению излом, одного и того же цвета, и при нажиме ногтем ощущается равномерная твердость по всему излому. При недожоге середина излома будет более темная и более твердая при царапании ногтем, нежели края. Наличие недожога может быть также установлено действием на известь соляной кислоты (HCl). При этом выделяется углекислый газ (CO_2), не успевший выделиться из известняка при обжиге, и получается вскипание. Хорошо обожженная известь растворяется в соляной кислоте без остатка, и химический процесс растворения не сопровождается шипением. Помимо этого куски недожога более тяжелые, чем нормально обожженная известь.

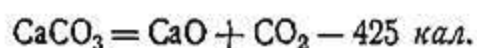
Органические примеси, окрашивающие известняки в различные цвета, безвредны, так как они выгорают при обжиге.

¹ Растворы из доломитовой извести твердеют очень медленно. Их применение вообще более целесообразно не для изготовления камней, а для штукатурных растворов.

² Следует заметить, что в результате наличия в известняках глинистых примесей тощая известь будет иметь в своем составе известковые силикаты, а быть может и алюминаты, и будет обладать гидравлическими свойствами, правда слабо проявленными.

НТБ
ДНУЖТ

Химические процессы при обжиге. Обжиг известняков сопровождается разложением углекислой извести на окись кальция (кипелка) и углекислоту по формуле:



Разложение извести ограничено давлением углекислоты, выделяющейся над поверхностью обжигаемого камня и останавливается, когда давление углекислоты достигает некоторой определенной величины, соответствующей определенной температуре. Иначе говоря, при повышении упругости выделяемого углекислого газа, количество его уменьшится, а значит и разложение углекислой извести приостанавливается. Для полноты разложения необходимо, чтобы углекислый газ свободно удалялся (хорошая тяга в известково-обжигательной печи). Так как реакция разложения углекислой извести обратимая, то при отсутствии достаточной тяги или необходимой температуры обжига, реакция одновременно будет проходить в ту и другую сторону: сколько выделится углекислоты из углекислой извести, столько же соединится с окисью кальция.

По исследованиям Ле-Шателье, при обыкновенном атмосферном давлении (т. е. при 760 мм) для разложения углекислой извести теоретически требуется температура в 812°. Практически же необходима более высокая температура, так как вследствие относительно небольшой теплопроводности известняков внутренние части обжигаемых камней известняка при температуре в 812° недостаточно прогреются и разложение там не будет закончено. В связи с этим, а также от того, что по различным местным обстоятельствам (плотность камня, плотность садки) выделение углекислоты происходит неравномерно, температура обжига обычно доходит до 1000—1150°, а иногда и выше (температура газов горения доходит до 1270—1330°C).

Обжиг известняков. Обжиг известняков производится в печах различного устройства, в зависимости от размера производства и вида топлива. При небольших размерах производства обжиг известняков производится в напольных печах (кучах). Емкость печей составляет от 30 до 140 м³ и обжиг в них длится в среднем 3 недели. Расход топлива составляет около 3 м³ дров на 1 м³ известняка. Качество продукции в большинстве случаев мало удовлетворительно.

При большом размере производства обжиг производится в постоянных печах периодического или непрерывного действия (главным образом шахтные печи).

Шахтные печи наиболее совершенного типа имеют цилиндрическое сечение и снабжены механическими загрузочными и разгрузочными устройствами. По виду топлива (антрацит, дрова, торф) и по способу его загрузки различают печи с пересыпным топливом (загрузка топлива в печь рядами, чередующимися с рядами известкового камня), с выносными топками (сжигание топлива в специальных топках вне печи и обогрев известкового камня газами горения) и с газовыми топками (работа печи на генераторном газе). Загрузка печи при пересыпном способе происходит через верхние отверстия в колпаке печи, а выгрузка готовой извести—через нижние отверстия рядом с колосниками. Мощность шахтных печей доходит до 100 т суточной продукции.

Расход топлива составляет около 20% от веса получаемой извести.

Нередко наблюдающееся пониженное качество извести объясняется тремя основными факторами: 1) отсутствием сортировки сырья, 2) слабым и неравномерным обжигом и 3) отсутствием сортировки обожженной извести.

Известь-кипелка (обожженная известь, едкая известь, негашеная известь).

В результате обжига известняка получается кусковая обожженная известь-кипелка. Из 100 весовых частей углекислой извести теоретически должно получиться 56 вес. ч. окиси кальция и 44 вес. ч. углекислого газа. Практически же, за счет содержащихся в известняках примесей и за счет золы от топлива, примешанной к продукту, выход извести бывает больше, доходя до 70%. Чем выше качество извести, тем более выход приближается к 56%; большой процент выхода свидетельствует о том, что известь тощая. Можно считать, что лучшие сорта известняков дают 56—59% кипелки, а известняки среднего качества—около 64%. Уменьшение в объеме при обжиге сравнительно невелико—от 9 до 18% в среднем 13—14%), и куски кипелки получаются пористыми и относительно хрупкими. Чем светлее цвет получаемой кипелки, тем выше ее качество; тощие извести обычно имеют более ярко выраженную окраску.

Одновременно с кусковой известью получается некоторое количество мелочи. Общее количество мелочи (кусков мельче 15 мм) не должно превышать 10% от общего веса кипелки. При обжиге в печах с переменным топливом мелочь обычно смешана с золой и шлаком топлива. Содержание золы может доходить до 18% общего количества плоссти. Примесь золы и шлаков вредна, так как в них находятся щелоч-

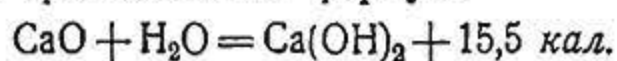
ные соли, гипс и т. д., могущие явиться причиной последующего выцветания кирпичной кладки, сложенной на известковом растворе. Исключением является зола подмосковных углей, обладающая гидравлическими свойствами и повышающая качество продукта.

Главной составной частью кипелки является безводная окись кальция (CaO). Содержание последней, совместно с окисью магния, должно быть, согласно ОСТ, не менее 85%. Удельный вес кипелки = 3,2; объемный вес в естественной россыпи, при стандартном содержании недожога и пережога (10%) и стандартном содержании мелочи (10%) составляет 600—700 кг/м³, в среднем 650 кг/м³. При увеличении содержания недожога и пережога, а также при увеличении содержания мелочи, объемный вес будет соответственно повышаться. Крупные куски кипелки должны быть в изломе одноцветны и одинаковой твердости (при царапании ногтем).

Гашеная известь. Различные модификации гашеной извести: известь-пушонка, известковое тесто и известковое молоко.

При поливке комовой извести (кипелки) водой известь жадно поглощает воду. Находящийся в порах извести воздух с шумом выходит наружу (кипит), одновременно со вспучиванием, растрескиванием и последующим рассыпанием кусков извести в порошок. В зависимости от способа гашения (преимущественно от количества добавляемой воды) из одной и той же извести возможно получить различные модификации гашеной извести: пушонку, тесто и молоко.

Гашение извести происходит по формуле



Для успешного прохождения реакции необходимо обеспечить наиболее благоприятные условия для взаимодействия между известью и водой. Основными факторами, влияющими на скорость и полноту реакции, являются: количество добавляемой воды, ее температура, скорость охлаждения загашенной массы и физико-химические свойства извести.

Количество добавляемой воды. Для перехода окиси кальция в гидрат окиси кальция требуется теоретически несколько более 32% воды (по весу извести). Но так как реакция гашения сопровождается значительным повышением температуры, то часть воды, добавляемой к извести при гашении, превращается в пар, в связи с чем для гашения необходимо значительно больше воды, нежели требуется теоретическим расчетом. Практически установлена потребность в 70—75% по весу. При меньшем количестве воды последней будет недостаточно для прохождения процесса гашения, — произойдет частичное уплотнение извести, в результате высокой температуры, и такая известь (сгоревшая, „спекшаяся“), не будет гаситься при последующем добавлении воды. При избытке воды получится известковое тесто, дающее при дальнейшем разжижении известковое молоко.

Классификация извести по скорости гашения. Различные извести обладают различной скоростью гашения, что определяет те или иные видоизменения технологического процесса.

Скорость гашения зависит от пористости извести (прямая зависимость), наличия примесей (обратная зависимость) и содержания окиси магния — MgO (обратная зависимость).

Согласно ОСТ на гашение извести известь-кипелка по скорости наступления процесса гашения делится на быстрогасящуюся, среднегасящуюся и медленногасящуюся. Быстрогасящаяся известь характеризуется тем, что начало гашения наступает в промежуток времени до 5 мин. от момента добавления воды; среднегасящаяся — тем, что начало гаше-

ним наступает в период 5—30 мин. и медленногасящаяся—тем, что известь начинает гаситься значительно позже 30 мин.

Отнесение извести в тот или иной разряд по скорости гашения и установление в соответствии с этим тех или иных различий в способах гашения должно быть произведено на основе следующего полевого испытания; берется проба, весом в 2—3 кг из равномерных кусков извести, размером около 40 мм, загружается в ведро и заливается водой (чистой водой с температурой, одинаковой с температурой воды на постройке). Воды должно быть столько, чтобы вода лишь ровно покрывала известь. Начало гашения замечается по часам.

Известь-пушонка (сухой гидрат). Известь-пушонка представляет собой порошкообразную массу рыхлого строения, белого или слегка желтоватого цвета. Содержание окиси кальция и окиси магния в пушонке в сумме должно быть не менее 65%.

Удельный вес пушонки равен примерно 2,1; объемный вес рыхлонасыщенной пушонки—0,37—0,45, в среднем—0,40. Максимально возможный выход пушонки из извести-кипелки составляет по весу 132% (расчет по атомным весам) и средний выход по объему около 2,5 раз. Увеличение объема зависит от жирности извести: чем известь жирнее, тем нежнее получается порошок и тем больше увеличивается объем.

Растворимость извести-пушонки в воде не велика и при обычной температуре в 10—15° составляет 0,13%.

При добавлении к пушонке воды, получается известковое тесто. Выход теста из пушонки в среднем равен 62%.

Недостатком пушонки при немеханизированном гашении является значительное содержание непогасившихся частиц извести, могущих загаситься уже в растворе и обусловить этим вспучивание и разбухание последнего. В соответствии с этим содержание в пушонке зерен свыше 0,6 мм не должно превышать 10% от веса пушонки, и загашенная известь должна просеиваться через сита в 16—32 отв/см².

За границей сильно распространено изготовление извести-пушонки, как полуфабриката для изготовления сухих растворов и как сырья для изготовления камней. В СССР пушонка почти не употребляется вследствие малой распространенности гидраторов (аппараты для механизированного гашения) и вредности для рабочих немеханизированного гашения. Тем не менее есть извести, которые необходимо гасить в пушонку. Так например доломитовые и доломитизированные извести. Это объясняется тем, что эти виды извести при употреблении в виде пушонки льют в 3- и 6-месячные сроки механическую прочность, значительно большую, чем при употреблении в виде теста.

Известковое тесто. При гашении извести с избытком воды от 2,5 до 3 объемов воды на 1 объем кипелки) получается известковое тесто, представляющее собой жирную и очень пластичную массу.

Выход теста из 1 м³ извести-кипелки составляет в зависимости от жирности от 0,8 до 1,8 м³, в среднем 1,55—1,60 м³.

При гашении жирной извести из 5 кг кипелки должно получаться не менее 11 л теста; при меньшем выходе известь относится к разряду тощих известей. Количество употребленной для гашения воды существенно не поражается на выходе теста, так как если вода была употреблена в кипелке и тесто получилось жидкое, то спустя несколько дней оно отстывает и приобретает нормальную густоту. Избыточная вода или собирается на поверхность теста или уходит через опалубку творильной ямы в грунт.

Объемный вес известкового теста колеблется от 1200 до 1400 кг/м³, в зависимости от содержания в нем воды. Содержание в тесте пушонки, а следовательно и воды устанавливается опытным путем следующим обра-

зом: берется 1—2 л известкового теста и определяется вес теста. Затем известковая масса вываливается на заранее взвешенный противень и подсушивается до постоянного веса. Остаток на противне представляет собой содержание в тесте пушонки. Количество воды находится путем вычитания из веса теста веса пушонки.

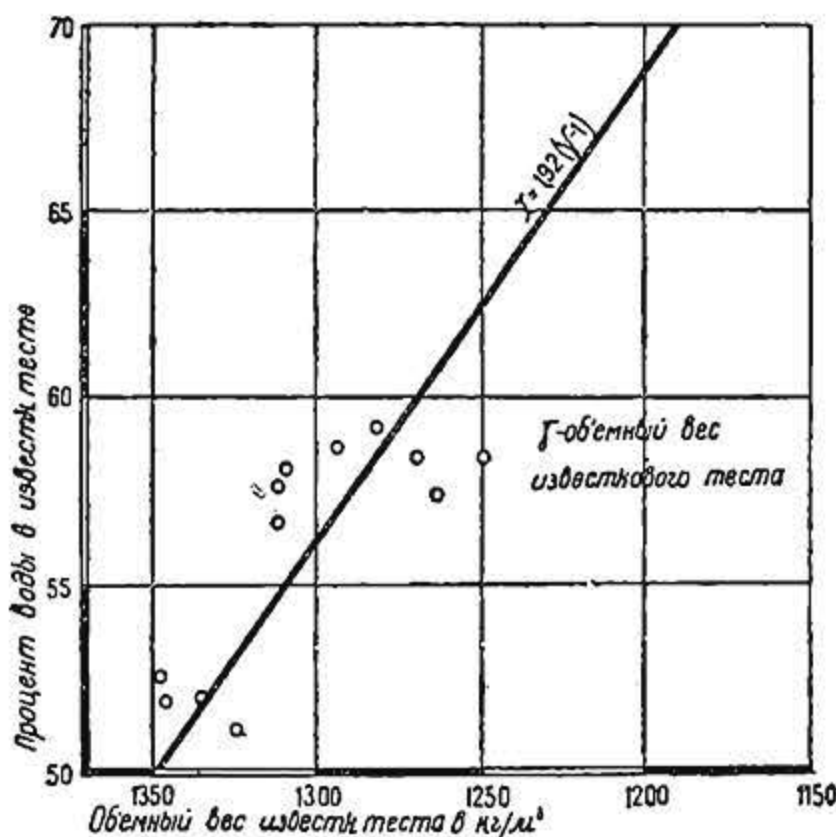
Чем больше в тесте воды, тем меньше его объемный вес. Зависимость между объемным весом теста и содержанием в нем воды характеризуется прямой линией (фиг. 1). Угол наклона прямой не зависит от содержания в известке недожога и пережога, так как последние в основном осаждаются на дно известковой ямы. Таким образом, характер зависимости будет одинаков для различных известей, как имеющих один и тот же удельный вес.

Работы ЦНИИПСа (автор совместно с инж. Н. А. Поповым) показали, что объемный вес теста и содержание в нем пушонки могут быть связаны уравнением

$$x = 1,91 (\gamma - 1000),$$

где x — содержание пушонки в m^3 теста в кг и γ — объемный вес теста в kg/m^3 .

Точки на графике 1 показывают результаты определения содержания в тесте пушонки, путем подсушки теста. Отклонение от прямой составляет



Фиг. 1. Зависимость объемного веса известкового теста от содержания в нем воды.

1½ - 2%, что объясняется недостаточно совершенной просушкой теста и недостаточно тщательным взвешиванием.

В среднем принимается, что в $1 m^3$ теста содержится 700 кг известки-пушонки.

Проф. Кюль (Kühl)¹ указывает, что значительная часть гидрата окиси кальция содержится в тесте в коллоидально-желатинозной форме и что как раз этому обстоятельству должны быть приписаны важнейшие свойства известкового раствора.

Присутствие в известковом тесте непогасившихся частиц (недожога и пережога) может быть установлено промывкой теста во-

дой (причем предварительно тесто разбавляется тройным количеством воды) на сите со 120 отв/см^2 . При этом на сите остаются непогасившиеся зерна, осторожно высушиваемые при слабом подогревании. Остаток взвешивается, и определяется его отношение к весу загашенной кипелки. Согласно ОСТ 2643 размер остатка не должен превышать 10% по весу загашенной кипелки. Установить отдельно количество недожога и пережога также возможно, так как пережженные зерна легко рассыпаются, в то время как зерна недожога остаются крепкими.

При свободном доступе воздуха известковое тесто под влиянием углекислоты воздуха постепенно твердеет и на нем образуется корочка углекислой известки; поэтому приготовленное тесто следует посыпать сверху слоем песка, толщиной в 50 мм.

¹ Проф. Кюль, „Химия цемента в теории и практике“, 1930 г.

НТБ
ДНУЖТ

Для защиты известкового теста от замораживания (возможно вымерзание поды и понижение прочности изделий) оно покрывается слоем песка толщиной около 35 см, с покрытием досками, или же яма закрывается досчатым настилом с последующей засыпкой землей (слой в 50 см).

Известковое молоко. При добавлении к известковому тесту (в творялах) воды оно может быть превращено в известковое молоко¹. Содержание извести в известковом молоке колеблется в зависимости от плотности молока и может быть определено по нижеследующей таблице (таблица Блатнера):

Таблица 1

| Крепость по Боме | Вес 1 л изв. молока в г | Содержание СаО в 1 л молока в г | Крепость по Боме | Вес 1 л изв. молока в г | Содержание СаО в 1 л молока в г |
|------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1007 | 7,5 | 16 | 1125 | 159,0 |
| 2 | 1014 | 16,5 | 17 | 1134 | 170,0 |
| 3 | 1022 | 26,0 | 18 | 1142 | 181,0 |
| 4 | 1029 | 36,0 | 19 | 1152 | 193,0 |
| 5 | 1037 | 46,0 | 20 | 1162 | 206,0 |
| 6 | 1045 | 56,0 | 21 | 1171 | 218,0 |
| 7 | 1052 | 65,0 | 22 | 1180 | 229,0 |
| 8 | 1060 | 75,0 | 23 | 1190 | 242,0 |
| 9 | 1067 | 84,0 | 24 | 1200 | 255,0 |
| 10 | 1075 | 94,0 | 25 | 1210 | 268,0 |
| 11 | 1083 | 104,0 | 26 | 1220 | 281,0 |
| 12 | 1093 | 115,0 | 27 | 1231 | 295,0 |
| 13 | 1100 | 126,0 | 28 | 1241 | 309,0 |
| 14 | 1108 | 137,0 | 29 | 1252 | 324,0 |
| 15 | 1116 | 148,0 | 30 | 1263 | 339,0 |

При измерении плотности известкового молока последнее наливается в стеклянный цилиндр, в который опускается ареометр.

Отсчет по ареометру при слабой концентрации молока должен производиться очень быстро, так как известь скоро осаждается. При густом молоке ареометр следует вращать при опускании. Для определения содержания пушонки в молоке, необходимо содержание окиси кальция (последняя показана в таблице) увеличить в 1,32 раза.

Известь, в виде молока, обычно применяется при изготовлении известково-пуццолановых растворов (см. легкобетонные камни), при мокром комке диатома (см. диатом), для побелки и окраски и т. д.

При стоянии известкового молока, на поверхности его отделяется насыщенный раствор извести — известковая вода, обладающая сильными щелочными свойствами. С течением времени вода покрывается тонкой пленкой углекислой извести. Последняя совершенно нерастворима в чистой воде, но растворима в воде, содержащей углекислоту.

Процесс гашения. Гашение в пушонку. Гашение в пушонку может производиться ручным или механизированным способом. В обоих случаях гашение извести обуславливается смачиванием кусков, вызывающим повышение температуры и рассыпание кипелки в порошок при одновременном увеличении объема.

При ручном гашении извести последнее производится путем опрыскивания или погружением. В первом случае (наиболее распространенный способ) кипелка насыпается слоем до 20 см на землю, предва-

Постаковое молоко может быть получено также путем непосредственного гашения извести и молока. Но этот способ не может быть рекомендован, так как в этом случае гашение будут содержаться различные соли, отсутствующие в известковом тесте, и оно может обладать меньшей вяжущей способностью.

рительно покрытую песком, и смачивается водой. Для равномерности гашения, величина кусков извести должна быть примерно одинаковой. Вода должна поступать не струей, а веером (через лейку), а при поливке из шланга — через насадку для разбрызгивания. По смачивании первого слоя и впитании воды осторожно перелопачивают полугашеную известь, насыпают второй слой и производят смачивание и т. д., пока общая высота кучи не достигнет $1—1\frac{1}{2}$ м. По насыпке последнего слоя кучу засыпают слоем песка толщиной не менее 10 см. Гашение извести происходит в течение $2—8^1$ дней. Хорошо загашенная известь не должна содержать в себе незагасившихся кусочков кипелки и быть влажной.

Вместо окучивания извести возможно через $\frac{1}{2}—1$ час после гашения ссыпать ее в закрома (не деревянные) и выдерживать в них $5—10$ дней.

При гашении погружением (применяется редко) кипелка насыпается в проволочные или плетеные корзины, опускаемые в воду до прекращения выделения из кипелки пузырьков воздуха. После этого известь высыпается на площадку или боек, окучивается и посыпается песком, оставаясь в таком виде на срок от 1 до 3 суток.

Наиболее совершенным способом гашения является механизированное гашение в гидратах, обеспечивающее минимальное количество незагасившейся извести и требующее весьма небольшого времени для проведения процесса.

Гашение в тесто. Гашение извести в тесто по существу состоит из двух отдельных процессов: гашения в известковое молоко и созревания теста. Эта отдельность подчеркивается также и отдельным прохождением процессов; получение известкового молока имеет место в гасильных ящиках (творилах), а созревание — в творильных ямах. Технологические особенности первого процесса, как например количество добавляемой воды и порядок ее добавления, определяются скоростью гашения данного вида извести.

При быстрогасящихся известях гасильный ящик заполняется на $\frac{1}{2}$ высоты водой и в него всыпается известь при постоянном энергичном перемешивании веслами и лопатами. В случае появления паров воды, необходимо добавить воды до прекращения испарения. По окончании гашения добавляется остальное количество воды, и известковое молоко после некоторого выстаивания спускается через имеющуюся в гасильном ящике сетку (см. дальше) в творильные ямы. Общая продолжительность процесса составляет около получаса.

При среднегасящихся известях в гасильный ящик сначала насыпается известь, а затем добавляется вода. Вода должна добавляться небольшими порциями с таким расчетом, чтобы уровень ее не превышал половины высоты слоя извести. Перемешивание извести не должно начинаться ранее начала парообразования. Процесс гашения ускоряется разбивкой комьев извести на более мелкие куски. По окончании парообразования в гасильный ящик добавляется вода, масса дважды перемешивается и спускается в яму. Длительность процесса гашения повышается до одного часа.

При медленногасящихся известях порядок добавления извести и воды тот же, что и при среднегасящихся известях. Вода добавляется в два приема: в первую очередь — такое количество воды, чтобы произошло полное увлажнение извести. Затем после начала растрескивания понемногу добавляется остальное количество воды. Перемешивание извести может начаться только тогда, когда закончилось гашение (залитая водой известь должна быть оставлена в покое и защищена от охлаждения). Весьма возможно, что этот период может быть достаточно дли-

¹ Для штукатурных работ.

НТБ
ДНУЖТ

тельный, но это не должно служить основанием для нарушения приводимого здесь правила гашения.

Применение горячей или теплой воды во всех случаях сокращает время гашения. При употреблении медленногасящихся известей применение горячей воды является весьма целесообразным.

После спуска молока в яму в гасильном ящике остается некоторое количество незагасившейся извести (пережог, недожог), иногда составляющее значительный процент от израсходованной извести-кипелки. Эта известь является отбросом, не могущим найти применения в строительстве. Поскольку в ряде случаев отход извести, сильно удорожающий стоимость последней, является следствием неудовлетворительно проведенного процесса гашения, то рекомендуется производить тщательную промывку отбросов (струей из брандспойта) с их одновременным перелопачиванием и последующим перепуском через сито.

Второй процесс — созревание теста возможно в свою очередь подразделить на три периода: отстаивание, собственно созревание и выдерживание¹. Излишняя вода, по истечении нескольких дней, частично испаряется, частично при наличии водопроницаемого грунта уходит через замеры обшивки творильной ямы в грунт. При этом из теста уносятся растворимые соли, попавшие в кипелку из золы и шлаков при обжиге и могущие послужить причиной появления налетов в изделиях и кладке. При поднепроницаемом грунте вода отстаивается на поверхности и должна быть отобрана черпаками. После отстаивания известь вызревает и превращается в плотную, постепенно густеющую массу. Конец вызревания характеризуется появлением на поверхности теста трещин. Тесто должно выдерживаться не менее двух недель, после чего оно может употребляться в дело.

При медленногасящихся известях выдерживание должно длиться несколько месяцев. Вообще нужно помнить, что качество раствора чем лучше, чем дольше было выдержано тесто, так как в свежем тесте могут содержаться недогасившиеся зерна, которые будут гаситься уже после употребления раствора в дело. А так как гашение извести сопровождается увеличением объема, то это запоздалое гашение может вызвать трещины и разрывы в швах кладки, в камнях и в штукатурке. Довольно часто возможно наблюдать появление в штукатурке тонких кольцеобразных трещин. Каждая трещина отграничивает конический кусочек штукатурки, обращенный вершиной внутрь, выпучившийся из стены и отваливающийся при прикосновении. В центре образующейся ямки видно маленькое белое пятнышко дополнительно загасившейся извести („жучок“).

Исключением из вышеприведенного правила является доломитовая известь, обладающая при наличии глинистых примесей (магнезиальная серая известь) заметными гидравлическими свойствами и могущая поэтому при выдерживании в творильной яме затвердеть. В связи с этим выдерживание теста на доломитовой извести не должно длиться более 2 дней от момента гашения.

Хорошо выдержанная известь, взятая на лопатку, не стекает с нее и остается на ней, не изменяя формы взятой пробы извести². При изготовлении строительных растворов тесто может применяться непосредственно из ямы; для штукатурных же растворов или для побелки необходимо пропускать тесто через сито в 16 отв/см².

При выемке теста из ям необходимо иметь в виду, что в нижнем слое выдержанного теста скапливаются частицы недожога и пережога. Поэтому в уже загустевшее тесто нельзя спускать новых порций известкового молока, так как непогасившиеся частицы не смогут опуститься на дно,

¹См. подробно: „Справочный листок ВОРС“ КБО 10/№ 24, Гашение известии.

²ОСТ на гашение известии.

ямы и в массе известкового теста будут иметься включения непогасившихся частиц. Отсюда видно, что тенденция гасить известь в небольшом количестве ям большого размера является неправильной и что наиболее целесообразно рыть ямы относительно небольшого размера.

Конструкция гасильных ящиков и творильных ям. Гасильные (творильные) ящики сколачиваются из 50—60-миллиметровых шпунтованных досок. Высота ящика составляет около 60 см, ширина 1,75—2 м и длина 2,75—3 м. В короткой стороне ящика, обращенной к творильной яме, врезаются два сита размером 30×40 см: наружное и внутреннее, для отделения непогасившихся частиц извести. Внутреннее сито имеет крупные отверстия (до 50 мм) и целью его является защита наружной сетки от протирания лопатами при процеживании. Наружное сито имеет от 4 (каменные работы) до 9 отв/см² (штукатурные работы). На время гашения внутреннее сито закрывается задвижкой.

Размеры ям рассчитываются в соответствии с вышеприведенными указаниями. Глубина их не должна превышать 3—5 м; обычная глубина составляет 1,5—2 м. Яма должна отделяться досками во избежание загрязнения известкового теста землей; для обеспечения полного ухода отстаивающейся воды между досками должен быть достаточный зазор (2—4 мм).

Вода. Вода, применяемая для гашения, должна быть по возможности чистой и свободной от солей. Жесткая вода, равно как и вода с большим содержанием углекислоты, замедляет гашение. Морская вода, равно как и иная вода с большим содержанием хлористых солей, задерживает высыхание раствора и обуславливает появление белых налетов.

Твердение известковых растворов. Твердение известковых растворов является следствием поглощения углекислоты воздуха и выделения воды. Преимущественное значение имеет высыхание теста. В результате поглощения углекислоты воздуха имеет место образование кристалликов углекислой извести $[\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}]$, образующихся на поверхности коллоидов гидрата окиси кальция, благодаря чему не происходит усадки и не нарушается сцепление между отдельными частицами. Удаление воды происходит лишь из промежутков и изнутри разбухших частиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Образование углекислой извести, происходящее вследствие поглощения углекислоты из воздуха, начинается, естественно, на поверхности швов или штукатурки, причем углекислая известь покрывает поверхность шва тонкой пленкой и, будучи нерастворимой в воде, защищает раствор от вымывания дождевой и снеговой водой и от действия мороза. Но в то же время образование CaCO_3 является фактором отрицательного порядка, так как пленка препятствует дальнейшему проникновению углекислоты воздуха в массу раствора и испарению избыточной влаги.

Оба процесса — образование углекислой извести и образование сухого гидрата окиси кальция — связаны с выделением воды, обуславливающим сырость кладки во время первоначальной стадии твердения раствора.

Процесс твердения известкового раствора протекает медленно, и известны достаточно многочисленные случаи сломки старых зданий, в швах кладки которых был обнаружен мягкий, не отвердевший раствор.

Прочность. В отношении прочности известковых растворов во вновь введенном стандарте (ОСТ 2643) не приводится никаких указаний. Это объясняется тем, что в наших лабораториях еще не накоплено достаточного материала по испытанию извести, выпускающейся нашими известковыми заводами, данные же о механических свойствах извести, содержащиеся в иностранных стандартах, недостаточно обоснованы. Нужно заметить, что тощие извести обладают большей прочностью, чем жирные. О прочности доломитизированных и доломитовых известей указано выше.

Хранение извести. При долгом нахождении кусков кипелки на воздухе, она начинает гаситься от атмосферной влаги, причем распадается в порошок и соединяется с углекислотой воздуха. Получающийся при этом кристаллический порошок (известь-пылянка) более груб на ощупь, чем известь-пушонка, получающаяся в результате искусственного гашения. Известковое тесто из извести-пылянки плохо или вовсе не отвердевает и непригодно для приготовления раствора.

При интенсивном соединении кипелки с водой происходит значительное выделение тепла и может произойти пожар.

Поэтому, если свежеебожженная кипелка не может быть в непродолжительное время загашена, то необходимо принимать предупредительные меры от порчи ее дождевой водой, грунтовой сыростью, сильным движением воздуха и т. п. Известь-кипелку следует хранить в сухих сараях с деревянными полами по лагам или балкам на стульях, предохраненных от сквозного ветра и располагаемых в сухих, более возвышенных местах. Стены и двери должны быть плотные и крыша в исправности. Двери сараев должны быть плотно закрыты и возможно реже открываться. Известь должна выкладываться от стен на расстоянии не менее 70 см. Для хранения кипелки на долгий срок проф. В. В. Эвальд рекомендует следующий способ укладки (по Vicat): на пол насыпают сперва слой песка, на него не толстый слой кипелки и спрыскивают ее из лейки водой так, чтобы она распушилась; затем укладывают куски кипелки как можно плотнее друг к другу, защебенивая мелочью промежутки между крупными кусками и уколачивая их деревянной трамбовкой; верхний ряд опять вспыскивают водой, чтобы он распушился и поверх всего опять насыпают слой песка. Применение этого способа позволяет сохранить кипелку от одного строительного сезона до другого без заметной порчи.

Хорошие результаты получаются также, если на пол насыпается слой гашеной извести толщиной в 15—20 см, сверх которого располагается подлежащая хранению кипелка, которую сплошь посыпают сверху и с боков также тонким слоем пушонки.

Сохранение извести при обоих способах объясняется тем, что углекислый газ и влага воздуха не проникают в массу кипелки, задерживаемые слоем поглощающей их гашеной извести.

Небольшие запасы извести можно хранить в кулях или мешках также в сухих помещениях. Пушонка должна храниться в крытых помещениях.

Методы испытаний. При приемке извести необходимо производить ее химический анализ, определять количество мелочи в комовой извести, выход теста и содержание негасящихся зерен. Кроме этого в некоторых случаях необходимо определение объемного веса извести. Перед производством испытания необходимо установленным порядком произвести отбор проб.

Определение химического состава извести сводится к определению содержания в ней окиси кальция, производимому путем титрования. Если анализировать приходится известь-кипелку, то всю доставленную пробу кипелки весом в 15 кг разбивают на куски диаметром в 1—2 см тщательно перемешивают, отбирают около 500 г, подвергают дальнейшему измельчению до величины зерен в 1—2 мм, снова тщательно перемешивают и отбирают около 10 г, которые истирают до порошкообразного состояния. Все перечисленные операции нужно производить в сухом помещении и по возможности быстро. От полученного порошка берется навеска около 1 г, которую переносят в широкогорлую колбу, обливают примерно 25 см³ горячей воды, закрывают колбу резиновой пробкой и оставляют стоять на полчаса (за это время известь гасится). По истечении указанного времени в колбу добавляют 2—3 капли спиртового раствора фенолфталеина и титруют точно установленным раствором соляной кислоты (1 см³ отвечает 0,028 г СаО) до исчезновения розового окрашивания. Титрование должно производиться при постоянном взбалтывании, причем по исчезновении розового окрашивания колбу вновь закрывают и оставляют стоять, — время от времени взбалтывая. Если при этом розовое окрашивание вновь не появляется то титрование считается законченным в противном случае нужно добавить еще кислоты до исчезновения окрашивания и колбу остановить вновь стоять. Таким образом поступают до тех пор, пока розовое окрашивание не будет более появляться.

Количество окиси кальция определяется по формуле:

$$X = \frac{b \cdot 0,028}{a} \cdot 100,$$

где X — содержание CaO в процентах;

b — число см^3 нормального раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование;

a — навеска извести в г с точностью до 0,001 г.

При определении окиси кальция в пушонке поступают по предыдущему с той лишь разницей, что гашения извести в этом случае производить не требуется.

При этом методе определяется лишь та окись кальция (CaO), которая присутствует в продукте в свободном состоянии и в виде гидрата окиси Ca(OH)_2 . CaO , находящаяся в продукте в виде углекислого кальция CaCO_3 , этим методом не определяется. Находящаяся в продукте окись магния MgO принимается при подсчете результата титрования за окись кальция CaO .

2. Определение мелочи в комовой извести. Отобранное количество извести (100 кг) пропускают через грохот с шириной отверстий в 15 мм, отбрасывая предварительно крупные куски. Прошедшее через грохот взвешивают с точностью до 0,1 кг. Полученный вес в килограммах отвечает процентному содержанию мелочи в испытуемой извести.

3. Выход теста может быть определен следующим образом. Берут 5 кг кипелки, разбитой на куски величиной 1—2 см, и кладут ее в цинковый (или деревянный, выложенный цинком) ящик, у которого площадь дна равна 1000 см^2 (например $31,7 \times 31,7$ см), а высота—около 40 см. В ящик наливается вода комнатной температуры в таком количестве, чтобы уровень ее был выше насыпанной в ящике кипелки. После этого ящик прикрывается и защищается от возможного охлаждения. По мере гашения крышка ящика приподнимается и, если потребуется, добавляется вода. Через 24 часа крышка ящика окончательно снимается, и ящик остается стоять при комнатной температуре открытым до тех пор, пока на поверхности не появятся трещины (в том случае, если вода при гашении была взята в избытке и отстоялась на поверхности теста, ее выливают из ящика). По окончании выстаивания теста производят измерение высоты слоя теста, причем каждый сантиметр соответствует одному литру.

По определении выхода теста вычисляют, какое количество теста в килограммах получается из 1 кг кипелки, для чего взвешивают ящик с тестом, из полученного веса вычитывают вес ящика и делят на пять.

4. Определение содержания непогасившихся зерен. Для определения процентного содержания непогасившихся зерен берут из ящика с тестом, полученным при определении выхода, такое количество теста, которое соответствует 1 кг кипелки, разбавляют его водой до получения известкового молока и постепенно переносят на сито со стороной квадратного отверстия в свету 0,6 мм, одновременно промывая слабой непрерывной струей воды и отнюдь не растирая остающихся на сите зерен. Остаток на сите высушивается до постоянного веса при 105°C и взвешивается. Полученный вес остатка в граммах, деленный на 10, дает процент непогасившихся зерен.

Для определения процентного содержания непогасившихся зерен в пушонке, некоторое количество ее пропускают для отделения возможных посторонних включений через сито со стороной квадратного отверстия в свету в 1,5 мм. От просеянной пушонки берется навеска в 100 г и вновь отсеивается через сито со стороной квадратного отверстия в свету в 0,6 мм. Вес остатка в граммах соответствует проценту непогасившихся зерен в пушонке.

5. Определение объемного веса. Определение объемного веса рыхлонасыпанной извести-пушонки производится с помощью воронки, укрепленной на треножнике. Диаметр верхней части воронки—215 мм, длина до узкой трубки—225 мм, длина узкой трубки—120 мм. К нижней части узкой трубки приделана выпускная трубка диаметром 20 мм, имеющая у выходного отверстия заслонку. Посредние воронки установлено штампованное сито с отверстиями диаметром около 2 мм.

Под воронкой устанавливается цилиндрический медный сосуд, емкостью 1 л. Расстояние от нижнего края воронки до сосуда должно равняться 50 мм. После установки прибора в воронку всыпается известковый порошок порциями в 300—400 г. Когда сосуд наполнен сверх краев, излишек снимается линейкой, и сосуд взвешивается. Объемный вес извести получается при вычитании из веса наполненного сосуда собственного веса последнего.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДОБАВКИ

Определение. Гидравлическими добавками называются материалы (натуральные или получаемые в виде побочных продуктов или отходов различных производств), которые, будучи в порошкообразном состоянии затворены водой в смеси с гашеной известью, образуют тесто, способное отвердевать под водой.

Гидравлические добавки делятся на кислые и основные.

Кислыми гидравлическими добавками называются есте-

ственные или искусственные материалы, в составе которых преобладают кислотные окислы ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$). К ним относятся пуццоланы, трасс, кремнеземистые осадочные породы (диатом, трепел, опока и т. д.), глинистые материалы, надлежащим образом обожженные и измельченные в тонкий порошок (цемянки), сиштофф и кислые доменные шлаки. Наибольшее значение из кислых гидравлических добавок имеют диатомовые земли.

Кислые гидравлические добавки отличаются от гидравлических вяжущих веществ тем, что при затворении водой без введения извести не обнаруживают способности отвердевания (исключение—некоторые сланцевые золы).

Сравнение различных кислых гидравлических добавок (сиштофф, диатомовые земли, трасс) по степени активности показывает, что наиболее активной добавкой является сиштофф, затем следуют диатомовые породы и на последнем месте находится трасс.¹

Основными гидравлическими добавками называются вещества, в составе которых преобладают основные окислы ($\text{CaO} + \text{MgO}$). К ним относится гранулированный основной доменный шлак.

В отличие от кислых гидравлических добавок гранулированный основной доменный шлак, будучи в порошкообразном состоянии затворен водой, способен медленно отвердевать сам по себе, т. е. является самостоятельным вяжущим.

Этот процесс значительно ускоряется при смешении его с известью.

Сущность химического процесса. Взаимодействие между кислой гидравлической добавкой и известью, обуславливающее образование гидравлического, т. е. твердеющего под водой, вяжущего вещества, носит сложный физико-химический характер и выражается в явлениях адсорбции (сгущение кремнекислоты на поверхности окиси кальция) и абсорбции (проникновения кремнекислоты внутрь вещества гидрата окиси кальция) и образования вначале коллоидальных соединений кремнекислоты и окиси кальция (студни), из коих в конечном итоге получаются гидросиликаты кальция ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$).

Так как форма кремнекислоты, способная вступать в вышесказанное взаимодействие с известью, в точности не установлена, то принято, объединять сумму физико-химических явлений той части кремнекислоты кислой гидравлической добавки, которая обнаруживает свойство соединиться с известью, термином „активность кремнезема“.

„Активным кремнеземом“ является преимущественно аморфная SiO_2 ; но активна также и дисперсноизмельченная кристаллическая SiO_2 . Повидимому, одним из существенных факторов взаимодействия между кремнекислотой и известью является величина поверхности реагирующих соединений. Все сказанное выше относится к ходу реакций взаимодействия при обычных температурных условиях. При повышенной же температуре в $80-100^\circ \text{C}$ и наличии влаги, образование гидросиликатов кальция совершается значительно быстрее. При давлении в $8-12 \text{ ат}$, чему будет соответствовать повышение температуры до $170-200^\circ \text{C}$, образования гидросиликатов кальция происходит в течение нескольких часов не только при взаимодействии извести и аморфного кремнезема, но и извести и кристаллического кремнезема в виде кварцевого песка.

Образующиеся при твердении раствора в условиях нормальных температур гидросиликаты кальция являются весьма неустойчивыми соединениями, легко подвергающимися дегидротации (потеря воды) в сухом воздухе и карбонизирующимися (усвоение углекислоты воздуха), а с другой—подвергающимися гидролизу (на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и SiO_2) при избыточном количе-

¹ В. А. Кинд, Специальные цементы, ГНТИ, 1932.

стве воды. Таким образом система: известь — кислая гидравлическая добавка, является неустойчивой, вследствие чего прочность растворов с течением времени может снизиться.

В условиях постоянного притока углекислоты и при умеренной или малой влажности воздуха может произойти переход значительного количества гидрата окиси кальция в углекислую известь.

Процессы гидратации и карбонизации проходят с преобладанием того или другого процесса, в зависимости от внешних условий. При обилии влаги без доступа воздуха (под водой) имеет место преимущественно процесс образования известково-пуццоланических соединений; при уменьшении влажности среды и при наличии доступа воздуха начинается процесс карбонизации.

В свежесозданных надземных сооружениях, где всегда имеется избыток влаги, прежде всего проходит процесс образования известково-пуццоланических соединений; по мере потери влаги через высыхание и усвоение углекислоты воздуха, начинается карбонизация гидрата окиси кальция, могущая при усиленной потере влаги и большем доступе воздуха получить преобладание (переходит в CaCO_3 до 30—60% Ca(OH)_2).

Описанный процесс не распространяется на основные гидравлические добавки, взаимодействие которых с известью вызывает явления иного порядка.

Влияние на цементные растворы. В результате введения гидравлических добавок в цементные растворы повышается их устойчивость в морской и минерализованной воде. Как известно, разрушение портланд-цемента в морской воде происходит вследствие преобразования трехкальциевого алюмината ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), выделяющегося при твердении цемента, в сульфато-алюминат кальция ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{OH}_2\text{O}$). Это соединение (трехкальциевый алюминат) может существовать только в том случае, если в окружающей воде находится гидрат окиси кальция с концентрацией не менее 1,08 г на литр воды. При добавлении к цементному раствору активного кремнезема (гидравлическая добавка) концентрация водного раствора (гидрата окиси кальция) понижается вследствие соединения кремнезема с известью и содержание последней не может превышать 0,05 г/л. В результате этого происходит разложение трехкальциевого алюмината на гидрат окиси кальция и гидрат окиси алюминия; первый поглощается активным кремнеземом добавки, а второй — является в воде нерастворимым.

Необходимо также упомянуть про защитное влияние гидродобавок и при нахождении цементного раствора в пресной воде. Как известно, цемент разрушается также и в пресной воде, причем в этом случае происходит выщелачивание гидрата окиси кальция (имеет место также и в морской воде). Активный кремнезем гидродобавки, введенный в раствор, связывает как уже указывалось, известь в нерастворимый кальциевый гидросиликат и этим предотвращает выщелачивание.

Испытания гидравлических добавок. Испытание гидравлических добавок производится как путем их химического анализа, так и путем определения степени их активности.

Инструкция Комиссии по добавкам при НТС силикатной промышленности устанавливает четыре метода определения активности добавок: путем последовательного выщелачивания 5% ным раствором соды, путем определения количества поглощенной извести, термостатическим способом и путем механического испытания растворов с исследуемыми добавками.

Сравнительными эталонами во всех случаях служат: крымский трасс для сравнения добавок вулканического происхождения и диатомовая земля с Чуркиной горы (близ Брянского цементного завода им. В. В. Воровского) для добавок не вулканического происхождения.

Инж. Г. Сиверцевым рекомендован полевой способ испытания гидравлических добавок, основанный на взаимодействии извести с добавкой.

Методика испытания следующая: берется 100—200 г загашенной извести (максимально чистой) и из нее готовится известковая вода. Последняя через сутки фильтруется и ею наполняют несколько цилиндрических стеклянных сосудов (по 100 см³). В каждый сосуд (до 10 шт.) всыпается по 2 г тонко растертого вещества добавки (достаточно потереть друг о друга свежие места излома испытуемой породы), сосуды взбалтываются и оставляются в теплом месте. Затем каждый день взбалтывается по одному сосуду. Если испытуемая порода обладает гидравлическими свойствами, то уже на другой день после приготовления раствора, никакое взбалтывание не сможет отделить осадок от дна сосуда. Малоактивные вещества уплотняются через 7—10 дней; неактивные не уплотняются совсем. Характерным признаком, хоть и слабо, но все же активного вещества является характер оседания осадка после взбалтывания: медленно опускающиеся крупные хлопья, заменяющие плотный землистый осадок, указывают на начавшееся схватывание.

Кислые гидравлические добавки

Пуццоланы

Пуццоланами, в собственном смысле этого слова, называются рыхлые продукты вулканических извержений, представляющие собой результат быстрого охлаждения расплавленных огненно-жидких масс¹. Из охлаждающейся массы выделялось громадное количество паров и газов, ранее находившихся под большим давлением в земных глубинах, что и вызывало ее измельчение.

Пуццоланы имеются в Италии и Греции (Санторинская земля с острова Санторино Греческого архипелага). В СССР пуццоланы обнаружены у подножья горы Кара-Даг (см. „Трасс“), но они не разрабатываются, в силу их слабых гидравлических свойств. К пуццоланам возможно отнести также и вулканический пепел (напр. нальчикский).

Диатомовые земли

(Диатомит, трепел)

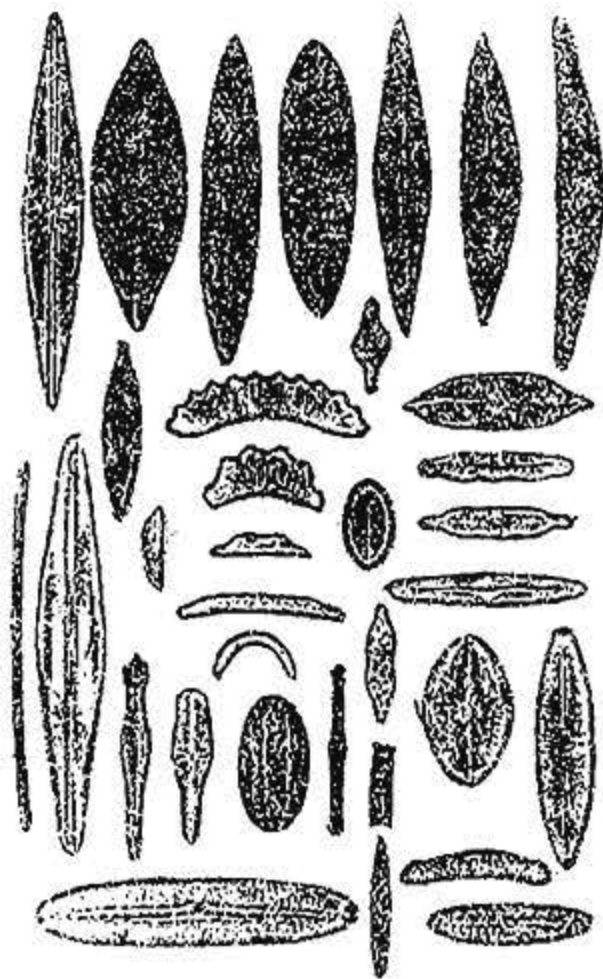
Определение. В природе существуют большие залегания весьма легких горных пород различной плотности, состоящих почти целиком из мельчайших зерен аморфного кремнезема, большей частью органического происхождения. В эти породы бывают включены прослойки и отдельные куски более твердых и плотных напластований. Плотность и прочность указанных пород различна, начиная от легко растирающихся между пальцами и размокающих в воде рыхляков и до очень твердых каменных пород.

Указанные образования известны под различными наименованиями: диатомиты, трепел, инфузорная земля, кизельгур, кремнистая глина.

Нужно отметить, что диатомовые земли применяются в строительстве не только в качестве гидравлических добавок, но и как сырье для производства обожженного кирпича, бетонной щебенки и т. д.

Перед тем как перейти к точной классификации названных земель и к условиям их образования, укажем в общих чертах их состав и происхождение.

Основная масса этих пород состоит из остатков отмерших микроскопических или клеточных диатомовых водорослей (кремнеземистых панпирей губчато пористой структуры), так называемого „планктона“, составлявшего, да и до сих пор составляющего значительную часть той растительности, которая равняется в воде морских и озерных водоемов. Диатомовая



Фиг. 2. Диатомовые водоросли.

¹ В более широком смысле этого слова пуццоланами называются всякого рода минеральные добавки, обладающие гидравлическими свойствами.

земля состоит из панцрей этих диатомовых водорослей, образующих после отмирания громадные скопления на дне водоемов. Размеры их очень незначительны (от 0,002 до 0,07 мм); по форме они представляют собой двусторчатые коробочки различной формы (фиг. 2). Скорлупки панцрей обладают способностью поглощать кремнезем из воды и ассимилировать его.

Одновременно с осаджением панцрей диатомовых водорослей отлагаются кремневые иглы губок, раковины радиолярий, известковые скелеты и т. п., а также илистая и глинистая муть, что в совокупности определяет собой химический состав породы.

Вследствие различных геологических преобразований дно некоторых водоемов было приподнято, и осадочные напластования оказались иногда на значительной высоте над уровнем моря. При этом породы либо остались неизменными, либо, подвергаясь механическому давлению вышележащих напластований земной коры, превратились в каменные породы различной плотности и прочности.

Классификация и теория происхождения. Точной и общепринятой классификации диатомовых земель не существует, и мы в дальнейшем будем придерживаться классификации, предложенной работниками Института строительных материалов, которая основывается на сохранности или отсутствии панцрей отмерших водорослей и раковин радиолярий. По данной номенклатуре все горные породы, подобные рассматриваемым, разделяются на диатомиты и трепела (рыхлые и плотные).

К диатомитам относятся породы, состоящие преимущественно из целых, хорошо различимых под микроскопом панцрей диатомовых водорослей и раковин радиолярий. Панцрей диатомей состоят из аморфной модификации кремнезема опала.

В течение долгого времени своего существования (геологические периоды) диатомиты под влиянием морских волн и течений, давления воды и вышележащих отложений, химического воздействия воды и т. д. подверглись уплотнению и различным процессам метаморфизации, в результате чего панцрей и раковины или разрушились полностью или сохранились в весьма небольшом количестве. Эти разновидности диатомитов обычно более тяжелые, чем первые образования, называются трепелами. Последние представляют собой скопление мельчайших шариков опала или халцедона, сцементированных опаловым же цементом.

Процесс перерождения диатомитов не ограничился образованием рыхлого трепела; морфологическое изменение кремнезема шло дальше. Вместо панцрей диатомовых водорослей или их остатков получились скопления кремнезема, прочно цементирующего породу и сообщающего ей значительную твердость.

Такое растворение панцрей и их уплотнение породы протекало с различной скоростью, зависящей от самых разнообразных, пока еще детально не освещенных причин. В результате этих процессов уплотнения и цементирования рыхлые трепела превращаются в плотные (опока). Несмотря на большую плотность этих трепелов, по сравнению с диатомитом, они все же представляют собой относительно легкую и пористую породу. При микроскопическом изучении плотных трепелов можно обнаружить присутствие в них материала, имеющего органическое происхождение, но количество целых панцрей диатомовых водорослей в них незначительно.

Следует сказать, что приведенное выше объяснение происхождения диатомовых пород не встречает возражений, ввиду наличия в них сохранившихся панцрей растительных организмов; но вопрос о происхождении трепела является до последнего времени неразрешенным. Существуют две теории происхождения трепела: органогенная и анорганогенная. Согласно последней трепелы образовались из неорганического вещества. Сторонники этой теории указывают на незначительное количество в тре-

неловых породах скелетов организмов и полагают, что трепела образовались или в результате замещения известковых пород кремневой кислотой, занесенной извне, или же в результате вулканических извержений. Сторонники органогенной теории объясняют отсутствие панцирей микроорганизмов тем, что под действием ряда причин богатые кремнеземом панцири растворились частично или нацело. Растворившиеся же кремнистые образования насыщали раствор и выпадали в виде аморфного кремнезема¹.

Согласно органогенной теории трепела относятся к метаморфизованным диатомитам.

Из изложенного видно, что встречавшееся ранее название „инфузорная земля“ — неприменимо к трепелам и диатомитам, так как инфузории не принимали участия в строении этих пород.

Физико-химические свойства диатомовых пород. Физико-химические свойства трепелов и диатомитов в большинстве случаев почти одинаковы. Поэтому в дальнейшем, говоря о свойствах трепелов и диатомитов, мы будем выделять отдельные породы только в случае необходимости.

Внешний вид. По внешнему виду большая часть диатомитов представляет собой легкие, рыхлые, свободно растирающиеся образования. Окраска в большинстве случаев светлосерого, иногда желтого (Добужское месторождение), иногда белого (Киса-тибское месторождение) цвета. Встречаются темносерые, зеленые, бурые и даже черные тона окраски (опоки). Цвет диатомитов зависит главным образом от присутствия в них окиси железа и органических примесей. При намачивании водой диатомиты приобретают более темную окраску.

Плотные трепела (опоки) имеют более темную окраску (от светлосерого до черного). При выветривании они распадаются на остроугольные куски, тогда как диатомиты и рыхлые трепела дают при выветривании землистые массы. Излом плотных трепелов занозистый и раковистый (чаще), особенно резко выраженный в наиболее плотных разновидностях.

Микроструктура. При микроскопическом исследовании различные диатомиты дают различную картину. Так например микрошлиф инзенского диатомита (фиг. 3) представляет собой скопление 99% панцирей диатомей с небольшим количеством глиняной мути, около 0,5% зерен кварца неправильно угловатой формы размером 0,02 мм и 0,5% округлых зерен глауконита той же величины. Число целых панцирей диатомей колеблется от 1 до 11 млн. в 1 см³.

При микроскопическом изучении добужского трепела оказывается, что основная масса трепела состоит не из панцирей, а из круглых частиц опала весьма незначительной величины (0,004 мм). В этой основной массе включены редкие зерна кварца неправильной формы (0,05 мм) в количестве до 0,5% по объему и зерна глауконита. Последние имеют округлую форму; размер их колеблется от 0,008 до 0,1 мм с преобладанием более крупных частиц. Остатки организмов отсутствуют за исключением игл губок в виде мелких обломков (до 1% по объему).

Тот же самый трепел, но с большей глубины залегания (9 м), имеет совершенно иную микроструктуру. А именно: основная масса представлена главным образом органогенным материалом с явно различимыми остатками



Фиг. 3. Микрошлиф Инзенского диатома.

¹ „Материалы по изучению трепела и диатомита в СССР“, Труды Института прикладной минералогии и металлургии“, вып. 42, ПТУ ВСНХ, № 281, М. 1929 г.

НТБ
ДНУЖТ

фораминифер и корненожек; при этом внутренняя часть организмов заполнена опаловым веществом, тогда как оболочка — кальцитом, в виде тонкого ободка (общее содержание кальцита, встречающегося также в виде зерен, доходит до 32%).

Эти структуры являются характерными для диатомитов и трепелов.

Плотные трепела, как правило, состоят из мелких округлых зерен водного кремнезема и чрезвычайно тонкого илистого материала. Помимо кремнезема, ила и небольшого количества остатков диатомитов, радиолярий и игл губок, в них имеются включения незначительного количества зерен кварца, размером от 0,005 до 0,15 мм и глауконита.

Твердость. Диатомовые земли по своей твердости разделяются на две основные группы: 1) легкие, сильно пористые диатомиты, сложенные из чрезвычайно тонкого материала и растирающиеся между пальцами, и 2) более плотные и компактные породы, в некоторых случаях с трудом режущиеся ножом и в некоторых случаях (опоки) с трудом разбивающиеся на отдельные куски. Твердость пород имеет значение при изготовлении обожженного кирпича: чем порода тверже, тем труднее ее размол между вальцами и тем труднее получение однородной массы без камневидных включений. Равным образом твердость породы интересует нас при ее применении для изготовления известково-диатомовых растворов, когда размол диатомитов происходит на месте производства работ.

Химический состав. По химическому составу все диатомовые земли довольно сходны, содержа значительные количества кремнекислоты (SiO_2).

Большая часть последней является химически свободной и находится в коллоидальном состоянии; некоторая же часть связана с другими химическими элементами в силикаты; кроме того не исключена возможность наличия весьма мелкого кварцевого песка.

Ниже приводим сводную таблицу показателей химического состава различных трепелов и диатомитов и для сравнения — данные о химическом составе глин.

Таблица 2

| Наименование районов | Потеря воды при прокал. | Химический состав в процентах | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|--------|
| | | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | Ca_2O_3 | MgO | Щелочи |
| Камышловский диатомит | 4,68 | 75,66 | 8,44 | 4,78 | 2,08 | 1,69 | — |
| Лялинский диатомит | 4,73 | 82,47 | 3,69 | 3,67 | 0,41 | 1,06 | — |
| Кисатибский диатомит | 2,98 | 94,14 | 1,13 | 0,28 | 0,85 | 0,17 | — |
| Нурнусский диатомит | 3,49 | 94,48 | 0,20 | 0,72 | 0,28 | 0,21 | — |
| Ленинградский диатомит | 14,61 | 74,57 | 5,67 | 1,61 | 0,73 | 0,06 | — |
| Инзенский диатомит | 4,11 | 84,32 | 5,44 | 3,00 | 0,25 | 0,84 | 1,21 |
| Сенгилеевский диатомит | 6,91 | 81,10 | 5,45 | 2,93 | 0,68 | 1,08 | — |
| Кореневский трепел (Зап) | 3,77 | 86,57 | 3,88 | 2,90 | 1,95 | — | — |
| Жиздринский трепел | 10,53 | 70,08 | 12,41 | 2,39 | 2,85 | 0,86 | — |
| Добужский трепел | 4,67 | 75,75 | 10,16 | 4,00 | 1,86 | 2,68 | — |
| Тоже известковый | 27,30 | 30,31 | 6,43 | 2,24 | 32,46 | 0,36 | — |
| Челябинский диатомит | 4,00 | 69,50 | 13,84 | 5,37 | 6,71 | 0,58 | — |
| Кутейниковский трепел | 4,60 | 80,32 | 6,28 | 4,01 | 1,17 | 0,83 | — |
| Кирпичные глины Ленинградские | 7,14 | 58,39 | 20,16 | 7,22 | 2,94 | 2,48 | — |
| Кутейниковская опока | 5,88 | 72,80 | 9,11 | 4,39 | 3,90 | 0,04 | 6,04 |
| Нижедевицкая опока | 2,09 | 90,22 | 3,41 | 1,26 | 0,38 | 0,59 | — |
| Сокурская опока | 5,51 | 71,55 | 17,01 | 4,14 | 1,74 | 0,95 | — |
| Камышловская опока | 1,31 | 97,16 | 0,20 | 0,12 | 1,00 | 0,40 | — |
| Хотьковская опока | 2,43 | 84,69 | 2,44 | 1,51 | 0,48 | 0,28 | — |
| Вольская опока | 3,50 | 81,05 | 9,80 | 2,91 | 0,68 | 1,16 | — |
| Инзенская опока | 3,68 | 83,11 | 7,32 | 3,78 | 0,74 | 0,91 | 0,98 |
| | 1,91 | 93,09 | 2,49 | 0,95 | 0,37 | 0,36 | — |

НТБ
ДНУЖТ

Полуторные окислы (Al_2O_3 и Fe_2O_3) содержатся преимущественно в виде глиняной субстанции.

В случаях применения диатомовых земель в качестве гидравлической добавки их достоинство характеризуется содержанием в них активной кремнекислоты. Если же они предназначаются для изготовления керамических изделий, то большое значение имеет содержание в них полуторных окислов, так как последние придают породе свойства спекаться и сплавляться. Но в то же время увеличение содержания глиняной субстанции неблагоприятно влияет на теплопроводность фабриката, увеличивая ее.

Породы бывают загрязнены, иногда в значительной степени, органическими примесями (мох, торф и т. д.). Количество органических примесей обычно повышается по мере углубления залежи.

Согласно ОСТ 3042 содержание кремнезема SiO_2 в трепеле должно быть не менее 65%; полуторных окислов $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ — не более 15%; окиси кальция и магния $CaO + MgO$ — не более 10%, считая на высушенную при $110^\circ C$ навеску.

Удельный и объемный вес. Удельный вес диатомитов изменяется в зависимости от изменения в химическом составе и структуре и колеблется от 1,8 до 2,4. Наименьшим удельным весом обладают, как это видно из нижеприводимой таблицы, наиболее чистые диатомы. Увеличение количества глинистого вещества и кварца приводит к увеличению удельного веса.

Объемный вес зависит главным образом от содержания влаги, твердости составляющих частичек, глубины залегания и т. д.

Наименьшим объемным весом обладают нурнуские, сенгилеевские, инзенские и кисатибские диатомиты. По мере уплотнения материала, загрязнения породы глиной, кварцем, $CaCO_3$ и другими примесями объемный вес возрастает.

Таблица 3

Сводная таблица удельного и объемного веса¹

| | Уд. в. | Об. в. | |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | в кусках | в порошке |
| Камышловский диатомит | 2,17—2,20 | 0,83 | — |
| Лялинский " | 2,24 | 0,60 | — |
| Кисатибский " | 2,03—2,17 | 0,61 | 0,28 |
| Нурнуский | — | — | 0,17 |
| Ленинградский | 2,21 | 0,64 | 0,29 |
| Инзенский | 1,89—2,16 | 0,69 | 0,26—0,38 |
| Сенгилеевский " | 1,81 | — | 0,32—0,38 |
| Кореневский трепел | 2,54 | 0,904 | 0,37 |
| Зикеевский " | 2,30 | 1,07 | 0,33 |
| Добужский " | 2,33 | 0,87 | 0,37 |
| Кутейниковский " | 2,36 | 0,84 | 0,39 |
| Кутейниковская опока | 2,31—2,40 | 1,22 | 0,41 |
| Нижнедевицкая | 2,30 | 1,21 | 0,51 |
| Сокурская | 2,32 | 1,14—1,82 | — |
| Пекшинская | 2,37 | 1,34 | 0,56 |
| Инзенская | 2,23 | 1,126 | — |

Как видно из таблицы, объемный вес диатомовых пород может в значительной степени колебаться в пределах одного и того же месторождения, что объясняется различной степенью уплотнения породы.

¹ В оспорном по картотеке Иннорса, „Диатомовые земли“.

В последнее время предложена классификация диатомовых пород по их объемному весу (куском). При этом все породы с объемным весом в высушенном до постоянного веса состоянии до 800 кг/м^3 относятся к диатомитам, породы с объемным весом от 800 до 1000 кг/м^3 — к рыхлым трепелам, а породы с объемным весом свыше 1000 кг/м^3 — к плотным трепелам.

Согласно ОСТ 3042 объемный вес высушенного при 110° молотого диатомита или трепела не должен превышать 700 кг/м^3 . Этому требованию удовлетворяют не все месторождения. В частности объемный вес хотьковского молотого трепела колеблется в пределах $800\text{—}850 \text{ кг/м}^3$.

Гидравлические свойства и механическая прочность. Активность диатомовых пород, т. е. степень присущих им гидравлических свойств, у различных пород различна. Работами проф. С. И. Дружинина¹ установлено, что трепела более активны, чем диатомиты, причем плотные трепела более активны, чем рыхлые. Степень активности различных диатомитов также неодинакова; из исследованных до сих пор диатомитов наиболее активным является вольский диатомит, а наименее активными — инзенский и ленинградский. Хотьковский трепел, применение которого широко практикуется в Московской области, согласно до сего времени имеющимся данным относится к категории малоактивных трепелов. Судить об активности диатомовых пород по химическому анализу не представляется возможным, так как в некоторых из них содержится кремнекислота в неактивной, кристаллической форме (кварцевый песок). Общие методы определения гидравлических свойств указаны выше.

Сравнение диатомовых земель с иными кислыми гидравлическими добавками (трассом, сиштоффом) показывает, что наиболее активной добавкой является сиштофф, а наименее активной — трасс².

Та или иная степень активности диатома является весьма важным свойством при применении его в качестве гидравлической добавки. Растворы на малоактивных диатомах обладают незначительной прочностью и их применение, в частности, не может быть рекомендовано при изготовлении легкобетонных камней или известково-диатомового фибролита. Незнание этого обстоятельства, а в некоторых случаях нежелание с ним считаться, приводит к массовому браку продукции.

Механические свойства молотого диатома или трепела, различные у пород различной активности, должны согласно ОСТ 3042 удовлетворять следующим нормам: временное сопротивление сжатию песчаного раствора на известково-диатомовом или известково-трепельном вяжущем веществе должно быть через 28 дней после затворения не менее 25 кг/см^2 ; временное сопротивление растяжению — не менее 5 кг/см^2 .

Пористость и капиллярность. В диатомитах, благодаря чрезвычайно развитым поверхностям скелетов организмов и водорослей сильно выражены пористость и капиллярность, что в свою очередь определяет степень возможного водонасыщения.

Водонасыщение. Водонасыщение диатомитов весьма значительно: рыхлые, рассыпчатые породы поглощают до 140% и выше. Более твердые разновидности поглощают воды меньше. Водонасыщение плотных трепелов значительно меньше, чем диатомитов и рыхлых трепелов.

В следующей таблице приведены цифры, характеризующие водонасыщение пород некоторых месторождений (в куске по весу) воздушно-сухой породы:

¹ „Пуццолановые цементы“, „Сборник трудов НКТ НКПС № 71“, Транспечать, М 1927 г.

² „Специальные цементы“ В. А. Кинд, изд. ГНТИ Л-М, 1932 г.

Таблица 4

| | В проц. |
|----------------------|----------|
| Кисатибский диатомит | 106 |
| Инзенский " | 103 |
| Камышловский " | 78 |
| Добужский трепел | 68 |
| Кутейниковский " | 80 |
| Хотьковская опока | 40 |
| Инзенская " | 60 |
| Сокурская " | 9,5—38,5 |
| Кутейниковская | 27 |

Та или иная степень влагоемкости диатомитовых пород имеет значение при применении их в качестве засыпок или теплого заполнителя. Диатомовая щебенка не должна размокать в воде, независимо от времени нахождения в последней, так как в последнем случае будет происходить разрушение бетона. В соответствии с этим водонасыщение диатомовых пород, предназначенных к использованию в качестве щебенки, не должно превышать 40%, каковому требованию удовлетворяет относительно небольшое количество месторождений.

Природная влажность колеблется в зависимости от времени года, погоды и глубины залегания породы. Так например влажность инзенских и сенгилеевских диатомитов зимой и осенью определяется в 38—45%, снижаясь летом до 22—25%. Камышловский диатомит имеет зимнюю влажность в 52—54%; летом количество влаги понижается до 30%. Влажность Хотьковского трепела составляет в летнее время 4—6% и доходит зимой до 45%.

Искусственно высушенный диатомит имеет в воздушно-сухом состоянии 5—10% влаги по отношению к весу абсолютно сухого материала. В силу своей гигроскопичности он постепенно забирает из воздуха влагу, прибавляясь в весе на 4—5%. Согласно ОСТ 3042 потеря при высушивании до постоянного веса при 110° Ц молотого диатомита должна быть не больше 12% на месте погрузки.

Устойчивость против химических влияний. Кислоты, за исключением плавиковой, на диатомовые породы не действуют. При действии щелочей, даже слабых (например 5% раствор соды), они частично переходят в раствор (вытяжка кремнезема).

Пластичность. Размельченный и затворенный достаточным количеством воды диатомит значительно размягчается и в большинстве случаев легко формуется. При высушивании изделий последние приобретают достаточную прочность, еще более повышающуюся в процессе обжига. Это свидетельствует о достаточной пластичности диатомовых пород. Пластичность диатомитов подтверждается также и тем, что диатомовая масса достаточно вязка для возможности смешения ее не только с более грубыми частицами породы, но и с выгорающими добавками.

Спекание, плавление и усадка. Химический состав диатомита показывает, что при его обжиге должен происходить процесс спекания и плавление, аналогичный с таковыми же процессами в глинах.

Температура спекания диатомитов обычно лежит в пределах 900—1200°. Интервал спекания относительно незначителен, равняясь у некоторых трепелов всего 60—70°. Температура плавления колеблется от 1000 до 1600° Ц. Чистый диатомит плавится при температуре плавления кремнезема, т. е. около 1600° Ц. При большем содержании щелочей, железа и других примесей температуры спекания и плавления значительно понижаются, в связи с чем некоторые сорта диатома плавятся уже при 1100—1200° Ц. Увеличение содержания глинистых частиц благоприятно отражается на обжиге диатомита, сообщая ему повышенное сцепление (столь же благоприятно отражаясь и на формовке диатомов).

Усадка при спекании различна у различных диатомитов, колеблясь от 5 до 15%. При начале плавления происходит дальнейшее увеличение усадки.

При обжиге диатома происходит изменение его цвета, из желтого или бурого в розовый и светлокрасный.

Термические свойства. Диатомиты, по причине их малой теплопроводности, являются прекрасным термоизоляционным материалом, могущим применяться в качестве засыпки, в качестве заполнителей бетона и в виде специально выделанного простого или фасонного кирпича.

Малая теплопроводность материала объясняется наличием в диатомите многочисленных микроскопических полузамкнутых пор, наполненных воздухом. (Поры представляют собой внутренность панцрей диатомовых водорослей с отмершей протоплазмой.) Воздух же в состоянии ограниченной подвижности (в порах незначительной величины), когда нет конвекционных токов, является наиболее плохим проводником тепла ($\lambda = 0,0204$). Отсюда можно сделать вывод, что колебания термоизоляционных свойств диатомита, трепела и опоки объясняются преимущественно содержанием неразрушенных диатомовых панцрей и что таким образом диатомит будет всегда менее теплопроводен чем трепел, а рыхлый трепел — менее теплопроводен чем плотный.

Ниже приводятся данные о коэффициенте теплопроводности различных диатомитов. Из сопоставления с объемными весами можно усмотреть прямую зависимость между обеими величинами.

Таблица 5

| Диатомит . | Об. в. в m^3 | Коэф: теплопроводности |
|------------|----------------|------------------------|
| • | 0,35 | 0,052 |
| • | 0,45 | 0,072 |
| • | 0,58 | 0,083 |
| • | 0,70 | 0,102 |
| • | 0,84 | 0,146 |

Технологические процессы. Технологические процессы при получении диатомовых земель в том виде, в каком они применяются в строительстве, состоят из добычи породы, ее сушки и помола. Сушка не является обязательной в том случае, если помол комовой породы производится не на специальных заводских установках, а на строительных площадках.

Добыча. Организация и способы добычи диатомовых земель различны в зависимости от мощности залегания, толщины вскрыши, наличия в толще породы прослоек более твердых отложений (опок) и т. д. Большинство наших месторождений, при большой глубине залегания и незначительной толщине наносов из почвы, глины и загрязненного трепела, чрезвычайно выгодны для эксплуатации.

Метод разработки породы зависит преимущественно от размера вскрыши. Могут быть случаи, когда диатомит перекрыт большим слоем либо глины, либо опоки (например Мордовская автономная область). В первом случае целесообразно или использовать эту глину для глино-трепельных обожженных изделий, или же на изготовление неразмываемых глиняных изделий с добавкой диатомов. Если же месторождения диатомита или рыхлых трепелов перекрыты большим слоем плотных трепелов (опок), то возможны два случая использования этой опоки: или ее размол с последующим изготовлением обожженного кирпича, или же дробление в щебенку для применения в качестве легкого заполнителя. В том случае, если использование опоки на указанные цели невозможно, то становится сомнительной возможность организации добычи диатомита.

Сама добыча диатомита по существу весьма несложна. Разработка карьера по удалению вскрыши может вестись или лопатами или при

НТБ
ДНУЖТ

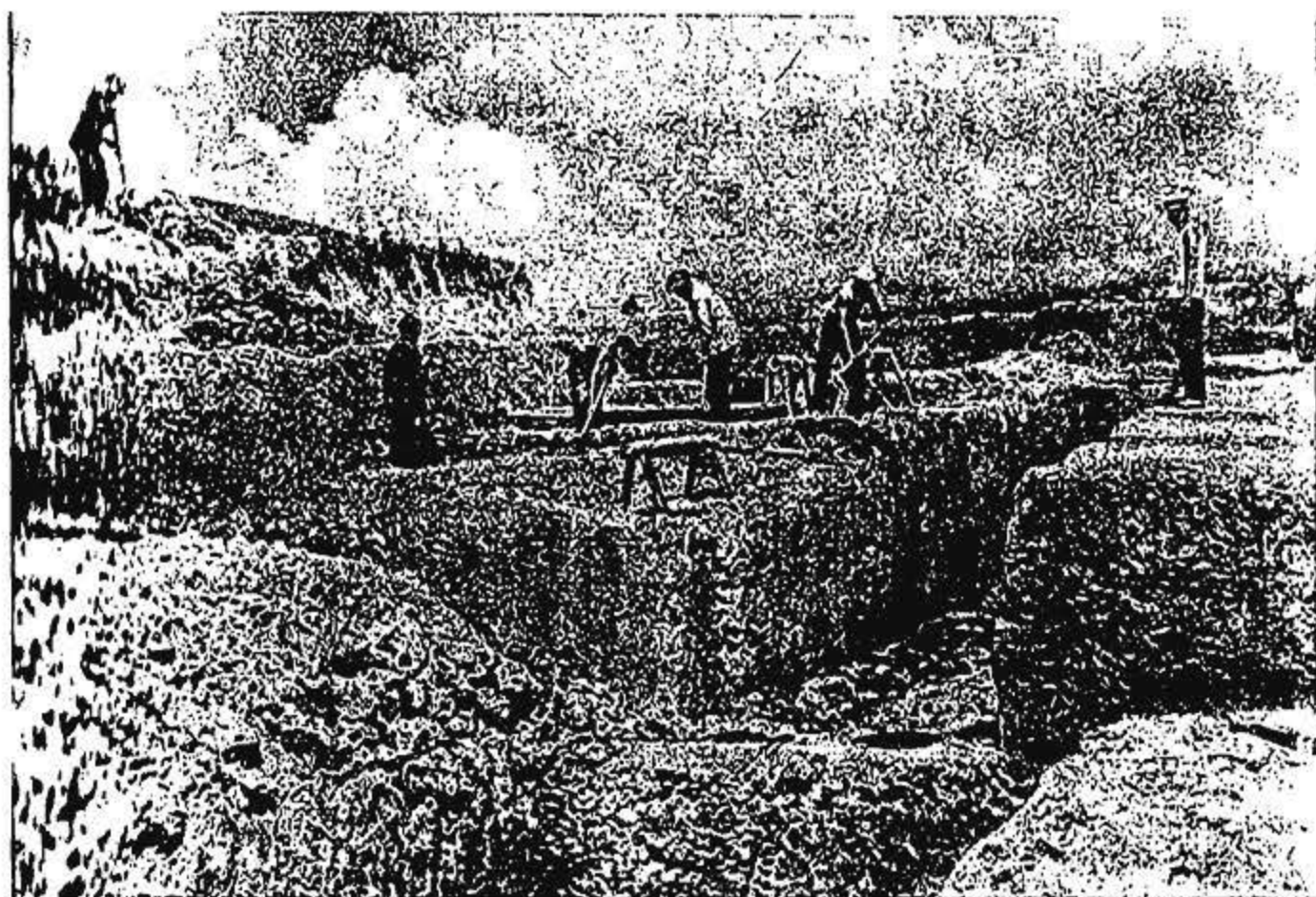
наличии твердых прослоек кирками или ломом. На разработках Новстромтреста применен очень оригинальный способ, а именно: вскрыша поверхностного наносного слоя разрыхляется плугом-кирочком и легко удаляется. После удаления вскрыши диатомовое месторождение вспахивается плугом и развороченные куски породы отвозятся из карьера на тачках или на колымажках.

Такой примитивный способ разработки является, как указывает опыт Новстромтреста, чрезвычайно выгодным и должен поэтому применяться во всех возможных случаях.

На крупных разработках должен применяться экскаваторный способ добычи при механизированной откатке породы.

Плотные трепелы в ряде случаев требуют применения взрывных работ (то же — и удаление вскрыши).

Порядок разработки карьера по существу ничем не отличается от разработки глины (фиг. 4). Необходимо стремиться к максимальному исполь-



Фиг. 4. Карьер на разработке трепела при ст. Хотьково, Северных ж. д.

зованию глубины залегания, для чего следует вести разработку уступами, применяя в отношении техники безопасности те же правила, что и при разработке глиняных карьеров. Высота уступов не должна превышать 3—3,5 м при среднем угле откоса в 45—50°. Ширина берм зависит от способа откатки (тачки, вагонетки и т. д.).

Большинство месторождений диатомитов настолько легко поддается разработке, что эксплуатация их в отношении производительности труда занятых рабочих является чрезвычайно выгодной.

Сушка. Диатомовая земля, добытая из карьера, содержит в себе, как уже указывалось выше, значительное количество воды. Поэтому, если при употреблении комовой породы сушка желательна для предотвращения перевозки влаги, имеющейся в только что добытой породе, то при заводском размолу диатомита сушка является обязательной, так как иначе неизбежно засаливание и торможение работы дробящих и мелющих агрегатов.

Сушка диатомита (трепела) может быть 1) естественная и 2) искусственная. Естественную сушку целесообразно проводить на особых высоких стелажках, сконструированных таким образом, что воздух не только обтекает слои трепела, но и пронизывает его, ускоряя сушку. Воздушная сушка длится 2—3 суток (и до 5 суток), в зависимости от толщины высушиваемого слоя (не более 10—15 см), влажности карьерной породы, климатических условий, рельефа местности и т. д., причем для облегчения и ускорения просушки диатомит ежедневно перелопачивается (ворошение на стелажках).

Искусственная сушка предварительно раздробленного диатомита (трепела) может происходить или в напольных печах или в специальных вращающихся сушильных барабанах, где сушка длится около 30 мин. Затрата топлива на сушку трепела в барабанах составляет около 75 кг условного топлива на тонну сухой продукции при влажности ее летом от 5 до 10% и зимой около 15%. Сушильные барабаны должны работать по принципу параллельного движения, т. е. сырой материал должен передвигаться в барабане в одном направлении с топочными газами.

При огневой сушке в напольных печах (только крупно дробленого трепела) расход топлива при правильной конструкции печи должен быть примерно таков же, что и при сушке в сушильных барабанах (на практике наблюдается повышение расхода топлива до 170 кг на тонну сухой продукции).

В том случае, если для последующего производственного процесса необязателен предварительный помол породы, и сушка производится исключительно в целях сокращения транспортных расходов, то возможно обходиться естественным провяливанием трепела (выдерживание на карьере на ветру и солнце в конусах или грядах, насыпаемых на досчатую подстилку), при котором в первые же дни отдается значительное количество влаги.

На полное просушивание трепела (более 12—15% от веса сухого материала) вряд ли возможно рассчитывать вследствие непостоянства атмосферных условий.

Помол. Диатомовые земли могут применяться в строительстве и в промышленности строительных материалов как в молотом, так и в комовом виде (за исключением плотных трепелов)¹. Дороговизна молотого диатомита, ограниченная возможность заводского размолла, большая затрата топлива на сушку и помол, а равно неудобство при транспортировке молотой породы склоняют к преимущественному использованию породы в комовом виде.

При применении диатомовых земель для производства керамических изделий, помол их производится на кирпичеделательных агрегатах, снабженных в случае необходимости дополнительными помольными устройствами. При применении диатомовых земель в качестве гидравлических добавок для изготовления известково-диатомового вяжущего вещества (строительные растворы и камни) они подвергаются сухому или мокрому размолу на фалевках или дробилках.

Способность трепела к измельчению зависит от твердости породы: некоторые рухляки сами распадаются в мелкий порошок; другие легко под-

¹ Для некоторых отраслей промышленности (химическая, жировая, нефтяная), где используются иные, чем в строительстве, свойства диатомовых земель (например адсорбционная способность), обязательно их применение в молотом виде. Равным образом обязательно применение молотого диатомита при изготовлении известково-пуццоланового цемента или пуццоланового портланд-цемента. По вопросу о целесообразности применения в строительстве комового трепела, а не молотого, что неразрывно связано со стоимостью перевозки того или иного трепела по ж. д., условиями затаривания и т. д., см. журн. „ВИС“ № 1, за 1932 г., ст. В. М. Наказного.

НТБ
ДНУЖТ

даются тонкому измельчению вальцами и жерновами; более твердые требуют специальных помольных установок.

Помол на специальных помольных устройствах. Заводский помол трепела может производиться (после предварительного дробления) на мельничных поставах, бегунах, шаровых мельницах и дезинтеграторах.

При размоле диатомовых пород любым способом тонкость их помола согласно ОСТ 3042 временно должна быть такова, чтобы при пресеивании через сито с 900 отв/см^2 остаток не превышал бы 30% и при просеивании через сито с 400 отв/см^2 — 5%. Необходимо заметить, что требования предъявляемые стандартом чрезвычайно понижены, а продукт, удовлетворяющий стандарту, дает сложное вязущее неудовлетворительного качества.

Мельничный постав состоит из двух горизонтальных жерновов с насечкой на внутренней поверхности. Один из жерновов (обычно верхний) приводится в движение, а другой остается неподвижным. Материал поступает в помол через воронку и качающийся „башмак“ и с помощью тарелки направляется в промежуток между жерновами. Измолотый материал выбрасывается центробежной силой в кольцевое пространство, образуемое жерновами и кожухом, и по трубе проходит на сито. Производительность постава зависит от твердости породы и требуемой тонкости помола.

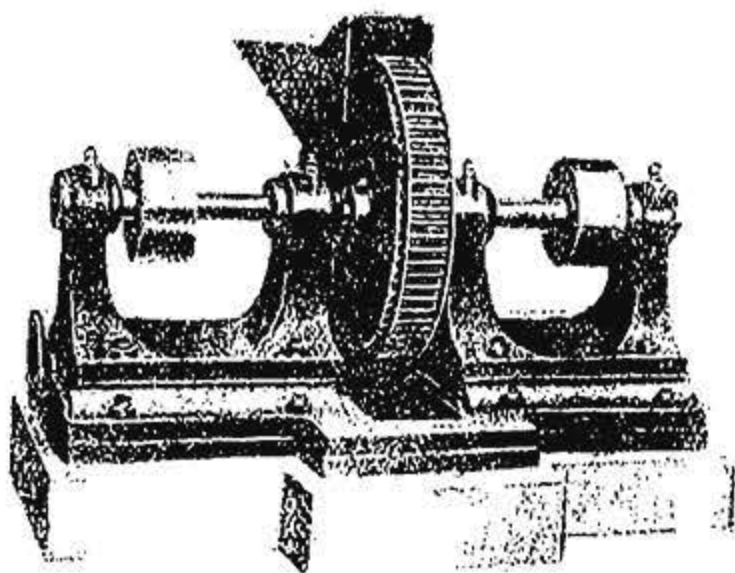
Помол на жерновых поставах недостаточно тонок: при просеве через сито с 900 отв/см^2 остаток составляет около 30%. Тонкость помола находится в прямой зависимости от влажности породы; чем выше влажность, тем крупнее помол.

При помоле на дезинтеграторе получается высококачественный продукт (прохождение через сито с 3600 отв/см^2 почти без остатка), но требуется более интенсивное подсушивание породы (максимальная влажность 2%), так как в противном случае поверхности цилиндров очень быстро замазываются диатомитом.

Дезинтегратор состоит из двух или нескольких вложенных друг в друга концентрических барабанов-цилиндров с решетчатыми боковыми поверхностями (фиг. 5).

При действии дезинтегратора цилиндры вращаются в противоположные стороны с большой скоростью, измельчая в результате трения и разрыва материал, забрасываемый через воронку.

Помол на месте потребления. При помоле диатомита на строительных площадках, в качестве помольных агрегатов могут применяться фалевки в центробежно-молотковые дробилки. Наилучший помол материала на любом агрегате может быть в двух случаях: а) когда материал предварительно просушен и не замазывает при помоле мелющие части или выходные отверстия (сухой помол), и б) когда во время помола добавляется вода, так что получаемая после размолы масса



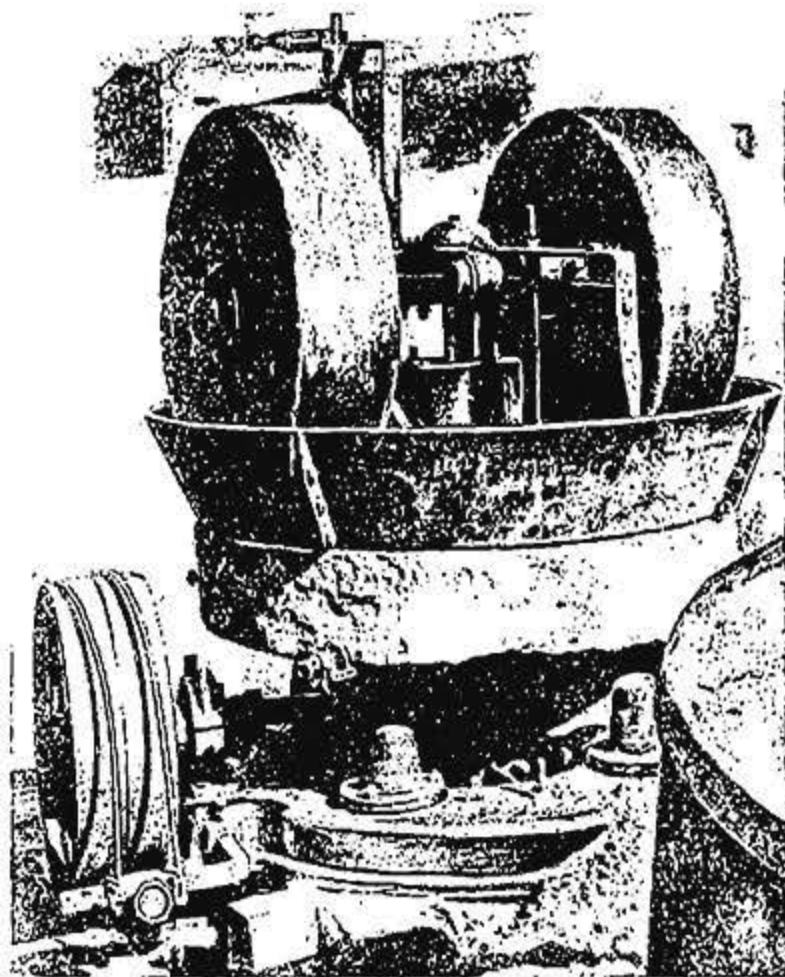
Фиг. 5. Дезинтегратор.

имеет консистенцию сметаны. Как будет показано ниже, в условиях стройплощадки, где подсушка материала обычно не производится, лучшие результаты получаются при мокром помолу диатомовых водорослей.

Фалевки (фиг. 6) существуют различных марок.

Наиболее применимы для размолу диатомовых водорослей марки Фабол, Фачуэль и Фаэль.

Фалевка Фабол представляет собой фундаментную плиту, на которой установлены подставки, несущие на себе неподвижно закрепленную чугунную чашку (на фалевке Фачуэль — горизонтальная плита с чугунными бортами). В центре плиты имеется отверстие, в котором укреплен направляющий подшипник (варжель). Через последний пропущен вертикальный вал, упирающийся нижним концом в подпятник и несущий (внизу под плитой) большую коническую шестерню (сцепление с малой конической



Фиг. 6. Фалевка.

шестерней, укрепленной на горизонтальном валу). На верхнем конце вала закреплено водило, к которому с помощью балансиров прикреплены бегуны, установленные на различных расстояниях от вертикального вала и вращающиеся на осях, пропущенных через балансиры и буксы бегунов (20—30 об/мин). Каждый бегун снабжен скребками для очистки пристающей раздвливаемой массы. Подгребание массы под бегуны осуществляется направляющими внутренними и наружными скребками. Наружный скребок одновременно является и выбрасывающим скребком.

В чугунной чашке (или в чугунном борту на гранитной плите) имеется отверстие для выпуска готовой массы, закрываемой задвижкой. Чашка или борта фалевки во избежание разбрызгивания массы

наращиваются кровельным железом в виде усеченного (снизу) конуса, высотой около 60 см.

Загрузка фалевки происходит через специальные бункера. Диатом поступает в чашку фалевки через контрольное отверстие (диаметром 10 см) в дополнительном кожухе. Щебень, не проходящий через контрольное отверстие, вынимается и разбивается вручную и вновь загружается в фалевку.

Продолжительность размолу на фалевках достигает в зависимости от твердости диатомовых водорослей и нужной тонкости помола на фалевках названных систем до 10—12 минут.

Но сухой помол диатомовых водорослей на фалевках дает неудовлетворительные результаты даже при весьма длительном помолу (до 15 минут). Так например, при помолу Хотьковского трепела на фалевке „Фачуэль“, полный остаток на сите в 400 отв/см² колеблется в пределах 40—60% и полный остаток на сите в 900 отв/см² — 45—70%, что ни в коей мере не удовлетворяет нормам стандарта (фиг. 7).

При мокром помолу диатомовых водорослей получается более совершенный размол.

Мокрый помол Хотьковского трепела на фалевке „Фачуэль“

| Время размола | Полные остатки на ситах | | Прошло через сито с 900 отв/см ² |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | На сите с 400 отв/см ² | На сите с 900 отв/см ² | |
| 10 м. | 29,55% | 32,76% | 67,24% |
| 15 м. | 11,39% | 14,92% | 85,08% |

При этом тонкость помола и время на него затрачиваемое находятся в прямой зависимости. Чем быстрее материал выпускается из фалевки, тем больше крупных частиц он в себе содержит.

Вода поступает в фалевку через мерные бачки¹. Иной способ загрузки фалевки (через верх) приводит к загрязнению движущихся частей.

Перед засыпкой первой порции диатомы в чашку фалевки наливается небольшое количество воды из бачка для того, чтобы не было прилипания бегунов к чашке. После этого попеременно засыпается диатом (небольшими порциями) и заливается вода. Подсыпка новой порции диатомы может иметь место только тогда, когда предварительно засыпанная порция будет достаточно освоена бегунами.

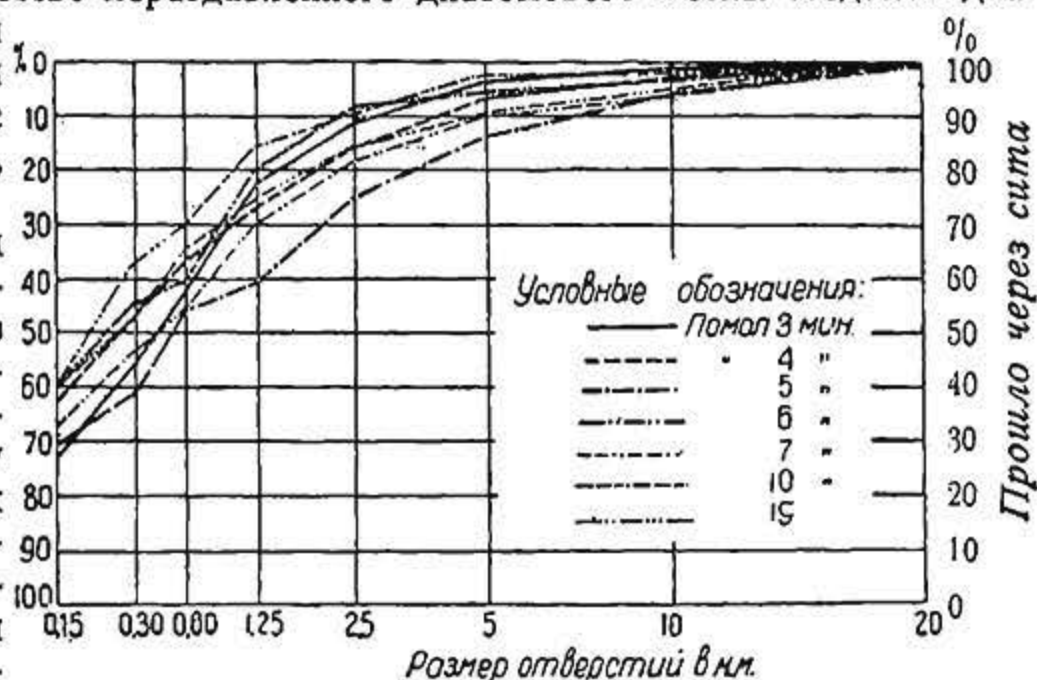
Перемол диатомы продолжается до тех пор, пока масса не приобретет вполне однородный вид и на ощупь можно будет обнаружить лишь небольшое количество нераздавленного диатомового песка. Недомол диатомы, при котором

в тесте остаются нераз мешанные куски и щебенка, не допускается.

По окончании размола фалевщик приводит в действие выкидной скребок, который гонит массу не под бегун, а к наружной окружности чашки. Затем открывается задвижка выходного отверстия и выработанное тесто поступает в яму, после чего фалевка вновь загружается, и т. д.

По окончании дневной работы необходимо очистить и промыть чашку фалевки от теста.

При мокром помоле диатомы количество добавляемой воды не должно быть слишком мало, так как при этом значительно увеличивается работа фалевки, вследствие повышенной вязкости теста. В то же время оно не должно быть слишком велико, так как разжижение массы влечет за собой снижение интенсивности размола и падение производительности фалевки.



Фиг. 7. График тонкостей сухого помола на фалевке.

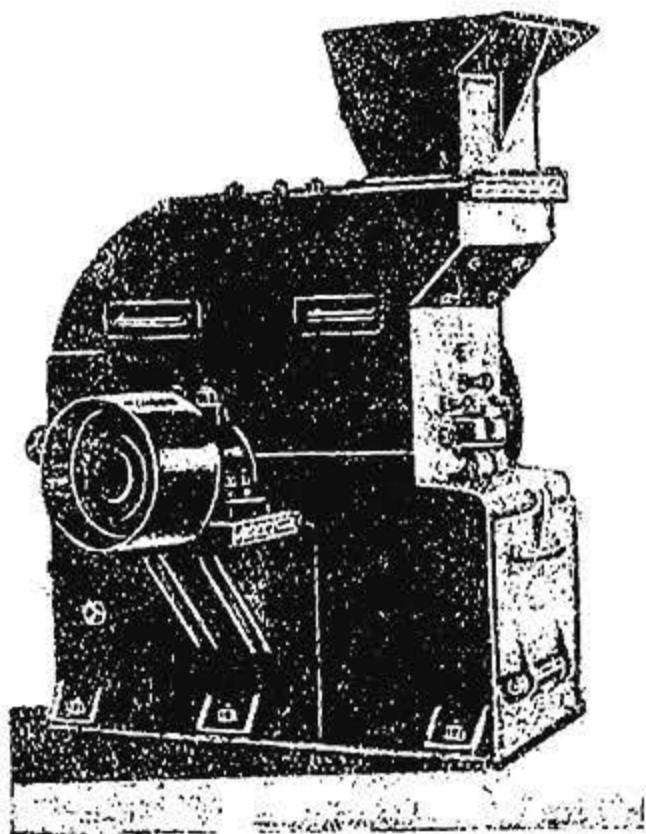
¹ Целесообразна замена воды известковым молоком, что обеспечивает возможность наилучшего смешения извести и диатомы и позволяет сразу получить готовое сложное вяжущее

НТБ
ДНУЖТ

Производительность фалевок, особенно марки „Фачуэль“ в связи с нужной длительностью помола, чрезвычайно незначительна, составляя в лучшем случае 1,5—2,0 м³ теста за восьмичасовую смену, но при значительно худшем качестве помола, нежели указано в вышеприведенной таблице.

В связи с малой производительностью фалевок и неудовлетворительным качеством помола, их следует признать дорогим и несовершенным помольным агрегатом. Более целесообразен переход к помолу на дробилках „Клеро“ (фиг. 8).

Центробежно-молотковая дробилка „Клеро“ представляет собой коробчатый чугунный корпус (фиг. 9), состоящий из основания (1) и откидной верхней крышки (2), снабженной чугунным бункером (3) для дробимого материала. Крышка изнутри защищена чугунными бронями высокой прочности, назначение которых разбивать отбрасываемый молотками материал и предохранять крышку от разрушения. Помимо брони крышки имеются две боковые брони 4 и 5, верхняя 6 и нижняя 7 брони, передняя 8 и торцевая 9 брони, две лобовые брони 10, промежуточная броня 11 и зубчатая броня 12,



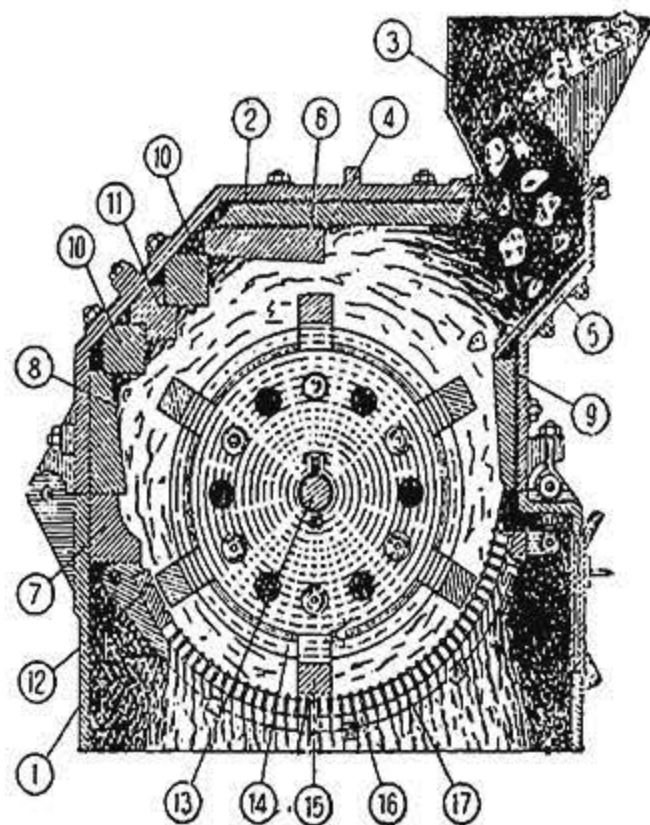
Фиг. 8. Общий вид центробежно-молотковой дробилки „Клеро“.

являющаяся предохранителем для колосниковой решетки 13 по середине вала насажены билки 13 по окружности которых равномерно по окружности которых равномерно лотков 15. На низу дробилки укреплен колосниковая решетка 16 с колосниками 17 (фиг. 10) сквозь которые пропускается раздробленный материал. В целях улучшения размолы диатома желательна постановка колосников узкой стороной вниз¹.

При вращении вала (обычно 1100—1200 об/мин) молотки (фиг. 11) под влиянием центробежной силы расходятся, образуя собой расправленный веер.

Загрузка дробилки должна производиться равномерно и обязательно после включения мотора или двигателя соответствующей мощности (15—20 HP).

Забрасываемый в дробилку материал отбрасывается молотками на брони и измельчается как молотками, так и от удара о плиты. Измельченный материал падает на колос-



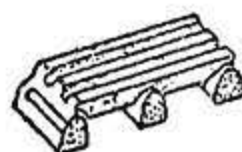
Фиг. 9. Разрез дробилки „Клеро“.

¹ Инж. В. Д. Степанов и М. С. Белинович. Шлакобетонные камни из извести и диатоме М.—Л. Госстройиздат 1932 г. стр. 36.

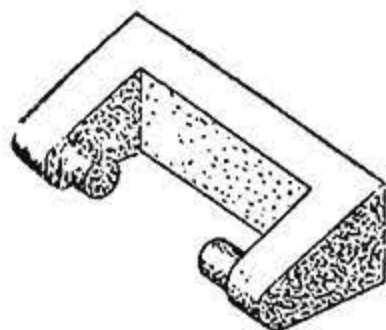
НТБ
ДНУЖТ

никовую раму, проваливается через колосники и поступает в выходное отверстие. Нераздробившийся материал вновь подхватывается молотками и бросается на броневые плиты. До поступления диатома в дробилку крупные куски должны быть раздроблены вручную на более мелкие куски.

Производительность дробилки преимущественно зависит от равномерности подачи материала, его влажности (при сухом помоле) и износа молотков и составляет при мокром помоле в среднем 10—12 м³ теста. При избыточной влажности материала последний забивает колосники, измельчаемая масса спрессовывается и приостанавливает работу дробилки. При удалении из дробилки колосниковой решетки производительность дробилки значительно увеличивается, но помол становится грубее, так как материал проходит чугунные плиты только один раз.



Фиг. 10. Колосник дробилки „Клеро“.



Фиг. 11. Молоток дробилки „Клеро“.

При сухом помоле диатома в ряде случаев приходится убирать колосниковую решетку, так как диатом содержит иногда даже летом до 25—30% воды и замазывает отверстия колосников. При этом остатки на ситах в 400—900 отв/см² составляют 40—60 и 60—70%, что намного уступает нормам ОСТ (фиг. 12). При мокром помоле качество помола чрезвычайно улучшается. Остатки на ситах составляют в этом случае 10—15 и 15—20%, что можно признать отвечающим стандарту (фиг. 13).

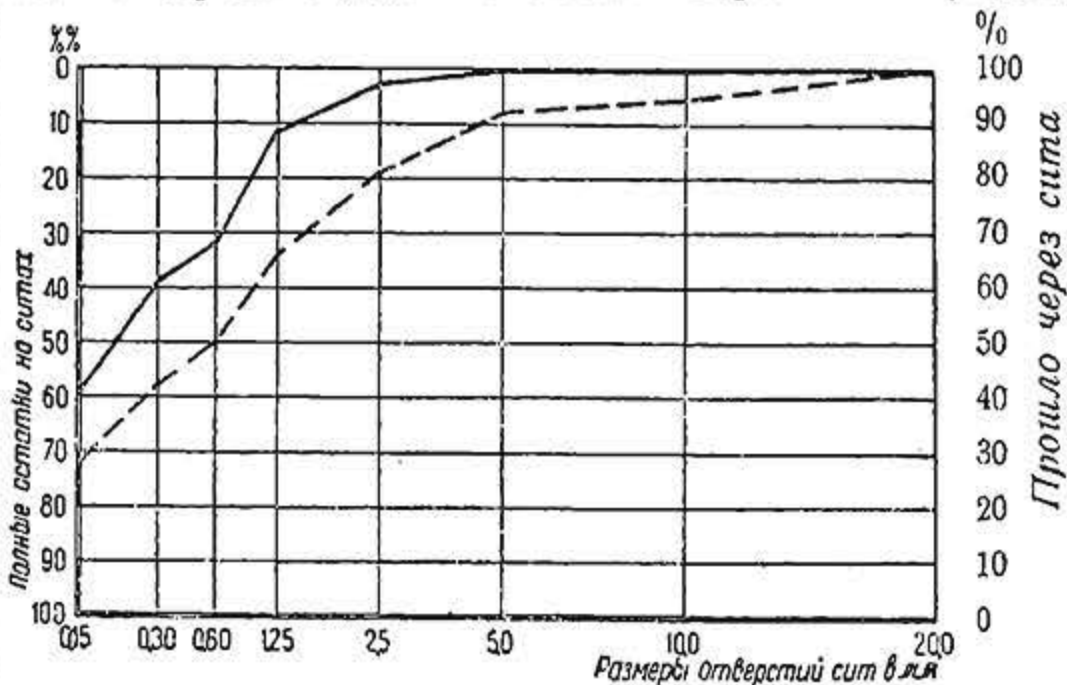
Количество добавляемой воды (известкового молока) должно быть таково, чтобы выходящая из под „Клеро“ масса имела бы консистенцию густой сметаны.

Работами ЦНИИПСа установлена возможность помола на „Клеро“ также и мороженого диатома.

Для обслуживания дробилки „Клеро“ требуется 4 рабочих.

При отсутствии на стройплощадке помольных агрегатов и работе с диатомитами

и рыхлыми трепелами возможно производить их измельчение путем подного отмучивания. Последнее производится или в болтушках, или в ящиках путем размешивания жидкой массы веселками. Крупные частицы оседают при этом на дно, а более мелкие остаются во взвешенном состоянии в воде и спускаются в отстойные чаны. После 12-часового выдерживания частицы диатома оседают, вода спускается, и чаны разгружаются. При применении диатомитов тонкость измельчения отвечает ОСТ; при наличии рыхлых трепелов отмучивание сопряжено с получением значительного количества отходов (неизмельчившийся трепел).



Фиг. 12. График тонкости сухого помола трепела на дробилке „Клеро“.

При размоле и последующем употреблении диатомового теста необходимо

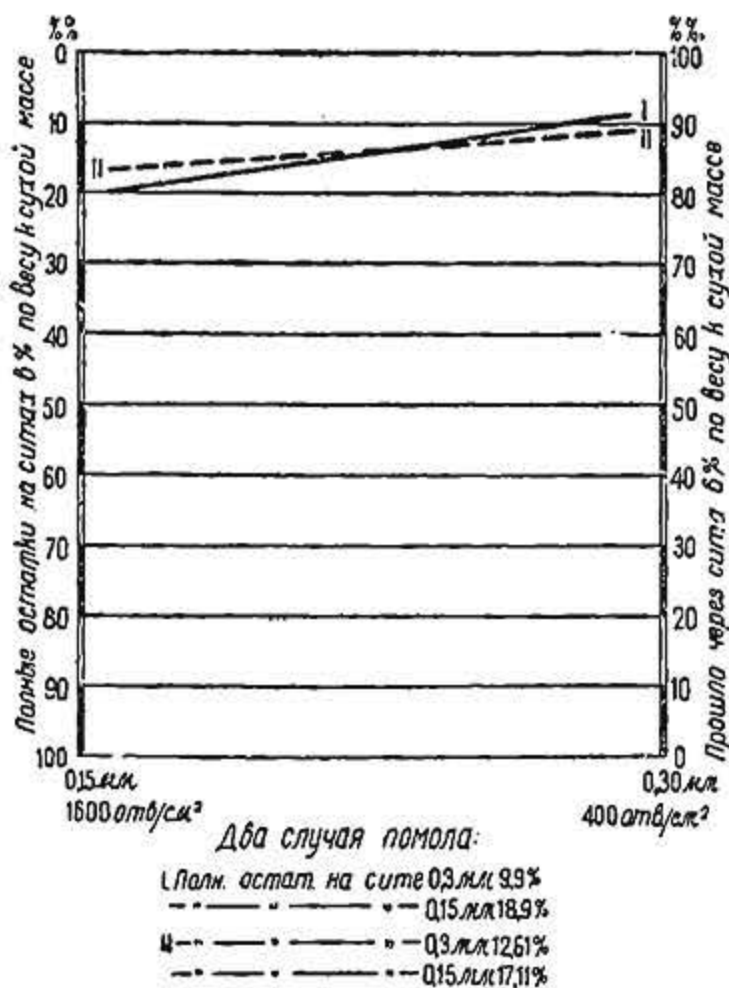
НТБ
ДНУЖТ

димо наблюдать за однородностью его консистенции, так как изменение последней обусловит изменение дозировки известково-диатомового вяжущего.

Определение консистенции теста, т. е. содержание в нем молотого диатомы, может быть произведено или путем подсушки теста до постоянного веса, или по формуле

$$X = 1,91 (\gamma - 1000),$$

где X —содержание молотого диатомы в $кг/м^3$,
 γ —объемный вес диатомового теста в $кг/м^3$.



Фиг. 13. График тонкости мокрого помола диатомы на дробилке Клеро.

Формула действительна для диатомовых пород, с удельным весом 2,1—2,3.

Поясним пользование формулой примером: пусть объемный вес теста равен $1370 г/л$; тогда содержание молотого диатомы в $1 м^3$ теста равняется

$$X = 1,91 (1,370 - 1,000) = 1,91 \times 370 = 707 кг.$$

Объемный вес диатомового теста обычно составляет $1350 - 1400 кг/м^3$, при содержании в $1 м^3$ теста $670 - 750 кг$ молотого диатомы.

Выход диатомового теста различен в зависимости от того, готовится ли тесто из комового диатомы, или из молотого. В первом случае выход обычно равен 110% и во втором 80% .

Диатомовое тесто может употребляться в дело немедленно после его изготовления. В случае необходимости оно может

храниться в специально устроенных ямах (до $2 м$ глубиной), защищенных от дождя (во избежание разжижения теста) легким навесом.

В том случае, если заготовленное тесто начинает ссыхаться с поверхности, необходимо залить его тонким слоем воды, так как засохшие куски теста приходится вновь перерабатывать на помольном агрегате.

Хранение диатомового теста при температуре ниже $0^\circ C$ допустимо. Однако такое тесто может употребляться в дело лишь после полного оттаяния. Замерзание теста всего лучше предотвращать путем устройства настила с утепляющей засыпкой и выемкой теста через специальное узкое отверстие.

Методы испытаний. ОСТ 3042 предложены следующие методы испытаний молотого диатомы или трепела:

1. Определение влажности (гигроскопической воды). Навеску около $1 г$ диатомы или трепела, предварительно высушенную до постоянного веса, помещают в бюксу (стаканчик для взвешивания с притертой пробкой) и сушат при 110° в продолжение 2 час. После чего на $15 - 20$ мин. помещают ее в эксикатор; затем взвешивают и сушат еще час и, если вес не изменился, вычисляют потерю при просушивании и переводят ее в проценты. В дальнейшем все вычисления при химическом анализе всдутся в пересчете на сухую навеску; для этого из сырой навески, взятой из химического анализа, вычитывается определенное ранее количество гигроскопической воды в процентах.

НТБ
ДНУЖТ

2. Определение объемного веса. В литровый сосуд насыпается высушенный при 110° порошок трепела или диатома.

Засыпка производится свободно, без уплотнения встряхиванием или трамбованием, всего лучше по наклонной плоскости или полукруглому желобу (с радиусом кривизны в 5 см), длина которых 0,5 м, а наклон 60°. Насыпание должно происходить равномерно в течение 5 мин. Поверхность насыпанного в мерку трепела или диатома срезается ножом вровень с краями. Затем порошок взвешивается. Полученный чистый вес порошка в граммах, умноженный на 1000, дает объемный вес 1 м³ в килограммах.

3. Определение тонкости помола. Берется тщательно смешанная и высушенная при 110° Ц проба трепела или диатома, из которой отвешивается 100 г, и просеивается через сито с числом отверстий, указанным выше, причем по порошку, чтобы помочь просеиванию, проводят мягкой кистью.

Тонкость помола выражается в процентах и определяется взвешиванием количества оставшегося на ситах. Точность взвешивания до 0,1 г.

4. Определение химического состава. Химический состав определяется по методу, указанному для портланд-цемента (ОСТ 79).

5. Определение среднего временного сопротивления сжатию и растяжению. Испытанию подвергается раствор из 350 г сложного вещества (150 г извести-пушонки + 200 г испытуемого диатома или трепела) и 1550 г песка. Воды для затворения берется 130% от веса воздушно-сухой смеси (высушенной до постоянного веса). Методы испытаний — применительно к методам испытаний портланд-цемента (см. ОСТ 1310), но при хранении образцов в воде надо мевать ее ежедневно. Объем воды должен быть не меньше тройного объема испытуемых кубиков, которые должны быть покрыты водою не меньше, чем на 1 см. Вода должна быть мягкая (прокипяченная).

6. Испытания на гидравлические свойства. Изготавливаются плитки размером 7×7×3 см по три штуки из каждого нижеследующего состава (изготовление плиток производится в формах для приготовления кубиков из портланд-цемента):

1. 300 г вещества, состоящего из 120 г извести-пушонки, удовлетворяющей техническим условиям ОСТ 2643, и 180 г испытуемого трепела или диатома смешиваются с 1550 г нормального вольского песка (плитка а).

Примечание. При отсутствии нормального вольского песка допускается местный, его заменяющий.

2. 300 г извести-пушонки и 1550 г строительного песка того же качества, что и выше (плитка б).

Те и другие плитки трамбуются при работе 5 кгм на 1 л раствора и хранятся 24 часа закрытыми пергаментной бумагой для предохранения от влияния углекислоты воздуха. Затем через 24 часа плитки вынимаются из форм, ставятся на стеклянные пластинки и помещаются на 48 час. в песчаную ванну так, чтобы влажный песок покрывал плитки слоем толщиной не менее 10 см. Через 72 часа по затворении 2 плитки а и б помещаются в сосуд, куда приливается вода до уровня 2 см над плитками. Плитка на испытуемом известково-диатомовом вяжущем веществе должна сохранить свою форму, плитка же из воздушно-известкового раствора через 10—12 мин. должна начать расплываться (что укажет на чистоту (воздушной извести). Через 7 дней по затворении производится вторичное испытание, причем плитка а должна настолько отвердеть, чтобы стало возможным ее поднять и вынуть из сосуда, Плитка же б, если и не расплывается, благодаря образованию на ней тонкой пленки углекислой извести, то на ощупь должна оставаться мягкой. ОСТ допускает также и следующее испытание:

1 г испытуемого диатомового или трепельного порошка помещается в стеклянный цилиндр с притертой пробкой. В цилиндр вливается 200 см³ насыщенного водного раствора извести (0,12—0,13%) и тщательно взбалтывается.

Через 24 часа испытуемое вещество должно схватиться настолько, чтобы при осторожном опрокидывании цилиндра образовавшийся осадок больше уже не взмучивался.

Экономика. На 1932 г. были запроектированы по заводам Новостроя следующие цены на 1 т продукции франко-завод:

| | |
|---|------------|
| 1 т комового трепела естественной сушки . | 8 р. 15 к. |
| 1 " " " искусственной " . | 12 " 36 " |
| 1 " молотого " (на жерновах) . . . | 13 " 83 " |
| 1 " " (на дезинтеграторе) | 17 " 36 " |

При развитии трепельной промышленности и ее надлежащей механизации приведенные цены значительно снизятся. Тем более, что в других районах (приведенные цифры относятся к Западной области) существуют более низкие цены.

Применение. Диатомовые земли применяются в строительстве и промышленности строительных материалов в качестве гидравлических добавок для изготовления известково-диатомового раствора и цемента и пуццоланового портланд-цемента; в качестве сырья для изготовления обожженных керамических изделий, как материал для термоизоляционных засыпок (при современном еще недостаточном раз-

витии диатомовой промышленности использование диатома для этой цели надо считать недостаточно экономичным), в качестве щебенки при приготовлении легких растворов и легких бетонов, для изготовления жидкого стекла и т. д.

Различная степень гидравлических свойств трепелов и диатомов делает желательным преимущественное использование рыхлых и плотных трепелов в качестве гидравлических добавок. Повышенные же термоизоляционные свойства диатомитов, по сравнению с трепелами, побуждают к преимущественному использованию диатомитов для приготовления обожженного кирпича и целей термоизоляции.

Приемы обработки и использования материала изложены в соответствующих местах курса. Здесь остановимся лишь на требованиях, предъявляемых к комовым и молотым диатомитам, применяемым для изоляционных строительных засыпок. Согласно техническим условиям КОМСТО по строительству¹ объемный вес высушенных молотых диатомитов и трепелов не должен превышать 600 кг/м³ рыхло насыпанного порошка; содержание гигроскопической влаги в момент употребления в дело не должно превышать 20%; содержание СаО при изоляции деревянных конструкций не должно превышать 12%; засыпка не должна быть загрязнена примесями песка, глины, извести и органических веществ. Размеры частиц засыпки должны быть: для щебенки — не свыше 20 мм, для песка — не свыше 5 мм и для муки — в соответствии с ОСТ 3042.

Хранение. При хранении молотого диатомита его необходимо защищать от действия влаги, во избежание образования комков. Комовый диатомит может храниться на открытом воздухе. В случае появления на нем плесени, последнюю нужно счищать перед употреблением диатомита в дело.

Условия транспортировки. Комовый диатомит грузится в ж.-д. вагоны навалом. При перевозке гужом молотый диатомит должен затариваться в мешки.

Условия отбора проб и правила приемки. При поставке в таре вся партия разбивается на части приблизительно по 100 мешков или бочек в каждой. Из каждых 100 мест берется по одному месту. Из отобранных таким образом мест берется по 5 кг материала из каждого.

При поставке внавалку из каждого вагона из разных мест отбирается 6 проб по 5 кг. Выбранные пробы тщательно смешиваются и делятся на 4 части, из которых две противоположные делятся опять на 4 части. Две противоположные части вновь тщательно смешиваются и делятся опять на 4 части; одна из последних и будет средней пробой поставки.

Примечание. При поставке крупных партий отбор проб производится для каждого вагона в отдельности.

Месторождения диатомовых земель. Ввиду большого значения, которое диатомовые земли будут иметь в качестве сырья для производства новых строительных материалов, скажем особо об их месторождении и распространенности в СССР. Диатомиты и рыхлые трепела лежат или прямо на поверхности земной коры, покрытые лишь слоем растительной почвы, или же бывают покрыты слоями новейших наносных отложений, глины и реже — песка. Мощность наносов колеблется от 1 до 10 м. Плотные трепела (опоки) встречаются почти в каждом месторождении диатомовых земель располагаясь обычно по низу или в виде линзовидных включений (изредка наблюдаются опоки поверх диатомитов, например в Мордовской автономной области). Обычно верхние слои пород имеют большее содержание глинозема, нижние — извести.

Средневолжская область. Что касается территориального распространения диатомовых земель в СССР, то одним из наиболее крупных по территории и мощности месторождений следует признать залегающие диатомиты и опоки в Средневолжской области, обнаруженные на протяжении нескольких сот тысяч кв. метров при средней мощности в 20 м.

Условия эксплуатации ныне разрабатываемых участков этих месторождений следует признать крайне благоприятными, так как, с одной стороны, имеется незначительная мощ-

¹ Сборник постановлений КОМСТО по строительству № 2 „Технические условия на приемку высушенных комовых и молотых трепелов и диатомитов для изоляционных строительных засыпок“ (составл. А. А. Розенталем).

НТБ
ДНУЖТ

ность вскрыши (наносы не превышают 2 м, а местами порода залегает непосредственно под растительным слоем), а с другой стороны, месторождение близко к узловой ж.-д. станции Инза (2 км).

Помимо района ст. Инза залежи диатомитов имеются при с. Озерках, Карсунского района, в 3—5 км от ст. Вешкайма, М.-Казанской ж. д., близ ст. Балашейка, в 1¼ км от ст. Барыш в районе Сенгиля (в 3 км от Волги), в Мордовской автономной области и т. д. Диатом обнаружен (но мало разведан) также в 20 км от ст. Оренбург.

В Средневолжской области имеются главным образом диатомиты, почти повсеместно сопровождаемые опоками. Большинство открытых залежей расположены вблизи ж.-д. и водных путей, что дает возможность форсировать их разработку.

Западная область. Большое значение имеют трепельные месторождения Дабужское и Жиздро-Зикеевское, расположенные в Сухиничском и Брянском районах Западной области. Максимальная мощность залегания породы в районе М.-К.-Воронежской ж.-д. — 12,5 м. Запасы исчисляются десятками миллионов тонн. Помимо этих месторождений в Западной области имеется еще ряд других месторождений, пока еще недостаточно обследованных, в частности в районе ст. Дятьково, близ цементного завода им. Воровского, у ст. Ясенки, ст. Коренево М.-К.-Воронежской ж. д. и т. д.

Уральская область. Большое количество месторождений открыто и эксплуатируется на Урале (диатомиты и трепела). Наиболее крупными месторождениями являются: Лянинское, Камышловское, Ирбитское, Алапаевское, Невьянское, Тавдинское и др. Мощность залегания в некоторых пунктах достигает до 43 м; в большинстве месторождений — не менее 15 м. Большинство месторождений очень удобно расположены в отношении ж.-д. и водных путей.

Московская и Ивановская области. Большое промышленное значение имеют залегания рыхлых и плотных трепелов, открытые в районе Москвы по радиусам: Клин, Хотьково и Дмитров (Тендиковское месторождение), и в Ивановской области по линии Северных ж. д. у станций Пекша и Желдыбино.

Ленинградская область. Незначительные залегания диатомитов обнаружены в Кингисеппском и Котельском районах. В отношении путей сообщения месторождения расположены невыгодно.

Северный край. Недавно открыты месторождения диатомита на Кольском полуострове и приступают к разработке трепелов в районе Вятки.

Ижневолжская область. В пределах области имеется гряда рыхлых и плотных трепелов (опок), простирающихся в направлении Вольск — Камышин. Эксплуатируются месторождения в окрестностях Вольска, частично для нужд Вольских цементных заводов.

Центрально-Черноземная область. Диатомиты известны в Курском и Воронежском районах. Наиболее мощные залегания паходятся близ ст. Нижне-Девичья и Старый Оскол и незначительное месторождение — в 13 км от Курска.

Северный Кавказ. Месторождения трепелов обнаружены в районе ст. Успенской (весьма мощные), ст. Крымской и на Таманском полуострове.

Крымская АССР. Обнаружены месторождения трепелов промышленного значения в 5 км от Керчи. Керченские трепела имеют сланцеватую структуру и несколько загрязнены примесью сланцев.

Украинская ССР. Месторождения плотных и рыхлых трепелов имеются в Подольном, Киевском (Звенигородка), Полтавском, Херсонском, Кутейниковском и т. д. районах. Наибольшее промышленное значение имеют Кутейниковские трепела (Доббасс).

Молдавская АССР. Незначительные месторождения трепела, вряд ли имеющие промышленное значение, обнаружены в районе Каменки.

Белорусская ССР. Залегания диатомитов обнаружены по р. Сожу с мощностью около 2,5 м, по р. Астра, около дер. Детино и ст. Копысь, и близ ст. Климовичи.

Закавказская СФСР. Диатомиты имеются в районе Кисатибы (Грузия), Нурнус и Дар-Алагез (Армения). Первые два месторождения, в силу высоких качеств диатома имеют экспортное значение.

Узбекская ССР. Залегания диатомитов предположены в районе Ферганы.

Из вышеприведенного перечисления видим, что месторождения диатомовых земель имеются повсеместно на территории СССР и что, очевидно, залегания диатомитов имеются, но еще не обнаружены, в ряде пунктов, будучи смешиваемы с обычными глинами. В связи с этим следует во всех сомнительных случаях посылать материал для лабораторного испытания в соответствующие научно-исследовательские институты или контрольно-испытательные станции.

Трасс

Определение. Трассами называются камневидные породы, образовавшиеся из рыхлых вулканических туфов. Свойства гидравличности проявляются у трассов лишь после их размола в тонкий порошок (пуццоланы размола не требуют).

Трассы имеются в СССР (в Крыму), в Германии (Андернахский трасс)¹.

¹ К трассам возможно отнести также вулканические туфы Армении и т. д.

В СССР разрабатывается месторождение по склонам и на вершинах горы Кара-Даг в 18 км от Феодосии, между селениями Отуз и Коктебель. Залежи трассов обнажены, что облегчает их разработку.

Цвет Карадагского трасса светлозеленый. На нижних склонах горы имеются рыхлые породы желтовато-серого цвета, также обладающие гидравлическими свойствами (пуццоланы).

Исчерпывающие многолетние исследования трасса как гидравлической добавки произведены проф. С. И. Дружининым¹.

Свойства. Химический состав. Химический состав трасса следующий:

| | | |
|--------------------------------|--|-----------|
| | Потеря при прокаливании от 10,56 до 11,82% | |
| CO ₂ | " 0,10 " | " 0,12 " |
| SiO ₂ | " 69,57 " | " 71,42 " |
| Fe ₂ O ₃ | " 0,86 " | " 1,05 " |
| Al ₂ O ₃ | " 10,24 " | " 11,05 " |
| MnO | " 0,10 " | " 0,16 " |
| CaO | " 2,12 " | " 2,62 " |
| MgO | " 0 " | " 0,28 " |
| Щелочи | " 3,15 " | " 3,94 " |

Объемный вес. Объемный вес молотого трасса в рыхлом состоянии около 800 кг/м³.

Гидравличность. Испытания свыше 6000 образцов растворов из различных компонентов, произведенные проф. С. И. Дружининым, дают возможность сделать вывод о чрезвычайной ценности трасса, как добавки к цементным и известковым растворам. Трасс значительно повышает прочность цементных растворов при нахождении их в пресной и морской воде.

Экономика. Обстоятельством, препятствующим форсированному использованию трассовых месторождений, является дороговизна трасса, объясняющаяся кустарными методами его добычи и невыгодным географическим расположением (отдаленность от пунктов возможного потребления). По отчетным данным за 1927/28 г. стоимость тонны трасса франко-пароход отправление составляла 8 р. 79 к. (примерно в 2½—3 раза дороже комового диатома). К настоящему моменту стоимость его несколько снижена.

Применение. Трасс применяется в качестве добавки при производстве пуццоланового портланд-цемента (см. трассо-портланд-цемент). Возможно его использование, при предварительном заводском перемоле, для изготовления известково-трассовых растворов.

Сиштофф

Определение. Сиштоффом (термин взят с немецкого языка) называется отход при производстве сернокислого алюминия из глин. Глина прокаливается при температуре 700—800° Ц и обрабатывается серной кислотой. Глинозем переходит при этом в раствор, а свободная кремневая кислота остается в виде грязи. Цвет сиштоффа светложелтый.

Работами проф. В. А. Кинда установлена чрезвычайная ценность сиштоффа в качестве добавки к портланд-цементному клинкеру и к известковым растворам.

Сиштофф может применяться молотым, высушенным и немолотым, сырым.

Свойства. Химический состав. Средний химический состав сиштоффа, после вылеживания его в отвалах и частичного выщелачивания сернокислых алюминия и железа, составляет по данным лаборатории завода „Красный химик“ (в процентах на сухую навеску):

| | |
|--|--------|
| SiO ₂ | 88,14% |
| R ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃) | 11,4 " |
| CaO | 0,35 " |
| SO ₃ | Следы |

¹ Пуццолановые цементы, „Собрание трудов НТК НКПС“ № 71.

НТБ
ДНУЖТ

Отсюда видно, что сиштофф по существу является кремнекислотой, загрязненной остатками неразложившейся при обработке глины.

Гидравличность. Гидравличность сиштоффа показана следующим испытанием: кубики, приготовленные из известково-песчаного раствора и помещенные через 3 дня по изготовлении в воду, расплывались в течение 10—15 мин. Кубики же с добавкой сиштоффа прекрасно затвердевают, причем затвердевание наблюдается уже при добавке 50% сиштоффа от веса известия-пушонки.

Объемный вес. Объемный вес сухого молотого сиштоффа равен примерно 600 кг/м³ и сырого немолотого, при влажности в 12—30%, — 750 кг/м³.

Экономика. Стоимость сиштоффа в Ленинграде с доставкой на постройку составляла в 1931 г. около 6—7 руб. за 1 м³.

Применение. Сиштофф может применяться в качестве добавки при изготовлении пуццоланового портланд-цемента и для изготовления гидравлических растворов на базе воздушной извести.

Основные гидравлические добавки

Гранулированные доменные шлаки

Определение. Гранулированными доменными шлаками называются быстро охлажденные шлаки, получающиеся при плавке чугуна в доменных печах на минеральном топливе¹. Получение при металлургическом процессе шлаков объясняется добавлением к руде, в целях облегчения плавления минеральных составных частей и удаления примесей, различных плавней (флюсов), главным образом известняка. Во время процесса плавки различные примеси, сопровождающие руду, а также пустая порода и зола топлива, связываемые окисью кальция, образуют в совокупности расплавленный шлак. Последний скапливается в нижней части домны над расплавленным металлом и время от времени выпускается наружу.

Химический состав шлаков зависит от количества добавляемого известняка, что, в свою очередь, определяется свойствами руды и топлива. Таким образом, комбинируя количество топлива (в зависимости от его зольности и состава золы), количество руды (в зависимости от содержания в ней кремнезема и глинозема) и количество известняка, возможно подобрать шлаки нужного состава.

Классификация доменных шлаков. В результате процесса плавки шлаки получают с тем или иным соотношением кислотных и основных компонентов; на основании этого признака они разделяются на кислые и основные шлаки².

Основные шлаки, получающиеся при выплавке чугуна на коксе, имеют большое содержание извести, и их состав должен удовлетворять неравенству

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} > 1.$$

¹ Количество шлаков, колеблющееся при выплавке различных чугунов, составляет:

от 60 до 70% для литейного чугуна
• 50 „ 65% „ мартеновского чугуна
• 55 „ 60% „ бессемеровского чугуна.

² Несмотря на то, что к основным гидравлическим добавкам относятся только гранулированные основные доменные шлаки, в настоящем разделе для цельности изложения опасны также и гранулированные кислые доменные шлаки.

По своему химическому составу они представляют собой двойные силикаты извести и глинозема, в которых часть извести замещена магнием и окисью железа, а часть глинозема — окисью железа.

Кислые шлаки получают при плавке на древесном угле, не содержащем серы и относительно малозольном.

Структурные отличия основных доменных шлаков от кислых заключаются в том, что кислые шлаки трудно кристаллизуются при охлаждении и застывают в аморфную стеклообразную массу; основные же шлаки легко кристаллизуются, хрупки и при медленном охлаждении не застывают в виде стекла. При большом содержании извести основные шлаки склонны, при нахождении на воздухе, рассыпаться в мелкую муку; кислые же шлаки при нахождении на воздухе не рассыпаются.

Гидравличность доменных шлаков. Если основные доменные шлаки быстро охладить, путем ли выливания в воду, путем ли охлаждения струей воздуха или пара (грануляция шлака), то шлаки застывают в виде зерен или песчинок и более или менее сохраняют стеклообразное строение, так как процесс кристаллизации не успевает закончиться.

При медленном охлаждении основных шлаков в них почти не наблюдается гидравлических свойств; в результате же грануляции получают сильно гидравлические шлаки.

Главное отличие гранулированных шлаков от негранулированных по их химическому составу заключается в том, что в медленно охлаждающихся шлаках кремнекислота связана с известью и другими основными окислами, имеющимися в шлаках; в гранулированных же шлаках имеется большое количество свободной кремнекислоты.

Это отличие и обуславливает гидравличность гранулированных шлаков, так как находящаяся в них свободная кремнекислота при смешении с известью (или каким-либо иным щелочным возбуждателем) и водой дает нерастворимые в воде гидраты силикатов и алюминатов¹.

Помимо этого, добавляемая к основным шлакам известь (или в виде $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или в виде портланд-цемента, выделяющего при твердении $\text{Ca}(\text{OH})_2$) обогащает имеющиеся в составе шлаков кальциевые силикаты и алюминаты, повышая этим их активность².

Структура охлажденного основного шлака главным образом зависит от скорости его остывания, обуславливающей кристалличность или стекловидность массы. Чем быстрее проходит процесс охлаждения, тем больше получается стеклообразного вещества. Наибольшее гидравлическое значение гранулированные основные шлаки имеют тогда, когда они однородно стекловидны и застыли без выделения отдельных кристаллических образований, что и наблюдается при быстром охлаждении.

Таким образом грануляция дает возможность сохранить в шлаке известный запас потенциальной химической энергии, образующейся вследствие того, что при быстром охлаждении не произошло выделения из расплавленной массы ряда веществ в виде кристаллов.

При хранении гранулированных основных шлаков происходит их расстекловывание и разрушение в белую муку. Процесс расстекловывания происходит тем быстрее, чем больше содержание в шлаках извести; в частности, слишком быстро охлажденный гранулированный основной шлак рассыпается в порошок вскоре после остывания. Поэтому следует

¹ Германский ученый Пассов показал между прочим, что возможно возбудить достаточно интенсивное гидравлическое твердение доменных шлаков путем смешения гранулированных и негранулированных шлаков (отщепление извести у негранулированных шлаков при добавлении воды).

² Гидравличность гранулированных кислых доменных шлаков объясняется исключительно наличием в них активной кремнекислоты.

НТБ
ДНУЖТ

избегать применения слишком быстро охлажденных шлаков при содержании $\text{CaO} > 45\%$ и $\text{SiO}_2 < 33\%$.

Следует отметить, что гранулированные основные доменные шлаки обладают способностью самостоятельно затвердевать при затворении с водой в отсутствие извести, но этот процесс протекает медленно и дает в результате небольшую прочность.

Процесс получения гранулированных шлаков. Грануляция шлака может происходить мокрым, полумокрым или сухим способами. В первом случае расплавленный шлак спускают по специальному рештаку в бассейн с водой, при соприкосновении с которой шлак застывает. Возможен также выпуск холодной воды на желоб, по которому спускают шлак от доменной печи. Вследствие непосредственного соприкосновения гранулированных по мокрому способу шлаков с водой в них содержится от 20 до 40% воды, подлежащей последующему удалению путем искусственной сушки в сушильных барабанах.

При грануляции по полумокрому способу жидкие шлаки быстро разбрызгиваются в грануляторе при помощи специальных приспособлений. Одновременно со шлаками в гранулятор подается вода под большим давлением, направляемая на разбрызгиваемый шлак. После смачивания шлак поступает в охлаждающий барабан.

При грануляции по сухому способу охлаждение в грануляторе производится не водой, а сжатым воздухом.

Несмотря на значительное преимущество сухой грануляции, удешевляющей себестоимость гранулированных шлаков (исключаются расходы на сушку) и повышающей их гидравлическость, в ряде мест как у нас, так и в Западной Европе широко применяется мокрый способ грануляции основных шлаков. Это объясняется сравнительной простотой оборудования и меньшими капиталовложениями.

Основные шлаки после грануляции представляют собой сравнительно крупный, но легкий песок, обладающий высокими теплоизоляционными и гидравлическими свойствами.

В результате грануляции кислых шлаков получается более тяжелый продукт, обладающий более слабыми теплоизоляционными и гидравлическими свойствами. Преимуществом гранулированных кислых шлаков является их большая механическая прочность и устойчивость против атмосферных воздействий. При грануляции кислых шлаков недостаточным количеством воды (например выливание на влажный песок) получается пористая масса (термозит).

Изготовление термозита является весьма желательным, так как объемный вес его значительно ниже объемного веса кислых гранулированных шлаков.

Свойства. Химический состав. Химический состав гранулированных основных доменных шлаков лежит в нижеследующих границах (для свежих шлаков).

Таблица 5

| | | |
|-------------------------|---------|--------------------|
| SiO_2 | — от 30 | до 35% |
| Al_2O_3 | — 8 | " 14% |
| FeO | — " 0,5 | " 3% |
| CaO | — " 47 | 52% |
| MgO | — " 0,2 | 3% |
| SO_3 | — " 0 | 4% |
| MnO | — " 0 | 5% и иногда больше |
| CaS | — | 6% |

Для примера приводим состав основных шлаков Днепропетровского завода и завода им. Дзержинского:

Таблица 6

| Состав | Днепр. | Завод |
|-------------------------|--------|------------------|
| | завод | им. Дзержинского |
| в процентах | | |
| SiO_2 | 33,32 | 34,31 |
| Al_2O_3 | 8,59 | 8,27 |
| FeO | 0,68 | 0,75 |
| CaO | 49,04 | 48,16 |
| MgO | 2,57 | 2,73 |
| MnO | 0,23 | 0,22 |
| SO_3 | 0,18 | 0,17 |
| CaS | 5,91 | 5,59 |

Следовательно гидравличность основного шлака зависит не от наличия тех или иных компонентов, а от должного сочетания их. Так например, наиболее ценны шлаки с большим содержанием окиси кальция. Однако и шлаки с малым содержанием окиси кальция могут быть сильно гидравличны, если в них содержится достаточное количество глинозема.

Гидравличность шлаков может быть повышена путем обогащения расплавленного шлака известью и глиноземом.

Содержание закиси марганца в размере свыше 3% сильно ухудшает качество шлака, а свыше 5% настолько ослабляет гидравлические свойства шлака, что применение его не может быть рекомендовано.

Цвет. Цвет основных шлаков желто-серый или чаще голубовато-серый. Если шлаки окрашены в темнокоричневый или черный цвет окислами железа, что свидетельствует о расстройстве хода доменной печи, то после их грануляции они не будут обладать гидравлическими свойствами (железный распад шлаков).

Равным образом не обладают гидравлическими свойствами шлаки голубого или синего цвета (наличие закиси марганца).

Об объемном и удельном весе шлаков, пористости и прочих свойствах см. раздел о легких заполнителях.

Применение. Гранулированные основные доменные шлаки могут применяться в качестве сырья или добавки при производстве шлаковых цементов; в качестве гидравлических добавок (в молотом виде), обуславливающих твердение воздушных растворов под водой или стойкость цементных растворов в морской или агрессивных грунтовых водах; в качестве заполнителей для приготовления легких растворов и бетонов, для изготовления чисто шлаковых гидравлических растворов, для производства шлакового кирпича и т. д.

Применение шлака удешевляет строительные материалы и облегчает строительные конструкции, что в совокупности приводит к значительному удешевлению строительства.

III. ИЗВЕСТКОВО-ПУЦЦОЛАНОВЫЕ ЦЕМЕНТЫ

Определение. Известково-пуццолановыми цементами называются продукты совместного перемолла порошкообразной гашеной извести с предварительно измолотыми в тонкий порошок гидравлическими добавками; весовое содержание гашеной извести в готовом продукте составляет от 20 до 50%.

В зависимости от вида примененной гидравлической добавки могут быть цементы: известково-диатомовый, известково-зольный, известково-шлаковый (основные и кислые гранулированные доменные шлаки), глинистый цемент (проработанный Н. Антоневичем), известково-пемзовый и т. д.

При оценке различных видов известково-пуццолановых цементов и при сравнении их как между собой, так и с портланд-цементом, следует иметь в виду, что прочность известково-пуццоланового цемента тем выше, чем активнее гидравлическая добавка, но всегда ниже, чем портланд-цемента марки О и что твердение известково-пуццолановых цементов, более интенсивное при водном хранении, протекает, как правило, медленнее, чем портланд-цемента.

В дальнейшем опишем свойства и производство различных цементов, уделяя наибольшее внимание глинист-цементу, перспективы производства которого наибольшие.

Сырье. Сырьем для производства известково-пуццолановых цементов являются загашенная в порошок воздушная известь, удовлетворяющая требованиям ОСТ, и различные гидравлические добавки, как-то: диатом, основные и кислые гранулированные доменные шлаки

зола подмосковных углей, зола горючих сланцев и каолиновый ангидрит (получаемый путем прокаливания глины).

Как известно, глина представляет собой продукт выветривания полевошпатовых пород (гранит, сиенит и т. д.), состоящий из смеси мельчайших нерастворимых частиц, которые были унесены водой во взвешенном состоянии и отложились в различных напластованиях, распределяясь по своему удельному весу и степени крупности зерен. Нижеприводимая формула дает представление об образовании глины из калийного полевого шпата (ортоклаза):



Таким образом сложные щелочные глиноземистые силикаты распадаются, образуя нерастворимый водный силикат глинозема и растворимый силикат калия.

Основным веществом глины — глиняной субстанции — и является водный силикат глинозема, называемый каолинитом.

Чистый каолинит имеет следующий химический состав:

| | |
|--|-------|
| кремнезема SiO_2 | 46,5% |
| окиси алюминия Al_2O_3 | 39,5% |
| воды (потери при прокаливании) | 14,0% |

Лишь весьма немногие глины (фарфоровые глины) приближаются по своему составу к каолиниту. Подавляющее большинство глин засорено кварцевым песком и иными примесями и количество каолинита может снизиться в них до 25%. Так например так называемые кирпичные глины содержат 60—85% SiO_2 , 10—20% Al_2O_3 , 5—15% Fe_2O_3 , 4—8% химически связанной воды и 5—20% других веществ.

Глина тем ценнее для производства глинит-цемента, чем больше в ней содержится глинозема и чем меньше имеется песка, т. е. чем более она пластична¹. Минимальным содержанием глинозема является 14—15%.

Наличие в глине небольшого количества извести ($CaCO_3$), равномерно в ней распределенной повышает качество глинит-цемента.

Глина не должна содержать в себе большого количества крупного песка и гальки.

При обжиге глин происходит ряд физических и химических процессов и в том числе обезвоживание глины. Сначала удаляется механически связанная вода, что имеет место при температуре в 120°C, а затем при температуре 400—430° начинает удаляться химически связанная вода. С повышением температуры процесс выделения воды ускоряется и при 550—600° она может быть удалена целиком. В результате удаления воды происходит преобразование каолинита ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) в каолиновый ангидрит ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$).

Работами инж. Антоневица установлено, что каолиновый ангидрит обладает химической активностью по отношению к гидрату окиси кальция (гашеная известь) и сообщает известковому тесту гидравлические свойства. Наибольшая гидравлическость свойственна глинам, обожженным при температуре 700—800°C. Превышение или недостижение данной температуры неблагоприятно отражается на активности ангидрита.

Твердение известково-глинистых смесей (очевидно образование гидросиликатов и гидроалюминатовкальция) может быть ускорено путем добавления к смеси катализаторов. Катализаторами могут быть: сырой и обожженный гипс и хлористый кальций. Оптимальной добавкой гипса является 2—3%, и избыток его не является полезным.

Опыты по исследованию в качестве катализатора портланд-цемента (5—10%) оказались неуспешными, так как во всех случаях наблюдалось падение механической прочности испытуемых смесей.

Дозировка сырьевой смеси. Весовое содержание извести в готовом продукте колеблется, в зависимости от степени активности добавки, от 20 до 50%. Что касается глинит-цемента, то дозировка смеси не является постоянной и зависит от степени пластичности глины. Чем глина пластичнее, тем выше должно быть содержание извести (от 66%). Глины с большим содержанием примесей (технические глины) требуют меньшей добавки извести (15—20%). Поэтому наиболее оптимальная дозировка смеси должна определяться опытным путем в каждом отдельном случае.

Инж. Н. Антоневиц указывает, что дозировкой, более или менее отвечающей большинству глин и могущей поэтому быть ориентировочной является: 75 весовых частей глины, 25 весовых частей извести-пушонки и 2 весовые части гипса.

Но работами ВИС (хим. М. А. Решетников) установлено, что дозировка глинит-цемента как всякого известково-пуццоланового цемента должна изменяться в зависимости от работы трамбования. Чем больше работа трамбования, тем меньше известково-гидравлический фактор, и наоборот — чем меньше работа трамбования, тем больше должно дозироваться извести (см. известково-диатомовый раствор). Поэтому дозировка, указанная инж. Н. Антоневицем и подобранная на основе испытаний кубиков, по методу ОСТ 1310 (трамбование в 1 кгм на 10 г сухой смеси), должна быть изменена в сторону увеличения содержания извести, так как и при изготовлении камней и при нахождении раствора в швах кладки вяжущее испытывает меньшие нагрузки, чем ОСТ 1310 предусматривается.

¹Следует помнить, что некоторые горные породы обладают всеми свойствами глины: пластичностью и т. д., но не содержат каолинита.

Производство цементов. Производство известково-пуццолановых цементов в основном распадается на три операции: гашение извести, дробление и сушка гидравлической добавки и совместный помол гашеной извести и гидравлической добавки.

Производство глинистого цемента несколько сложнее и распадается на следующие стадии: добыча глины, формование глины, обжиг извести, гашение извести в пушонку и совместный помол извести, глины и катализатора (см. схему 14).

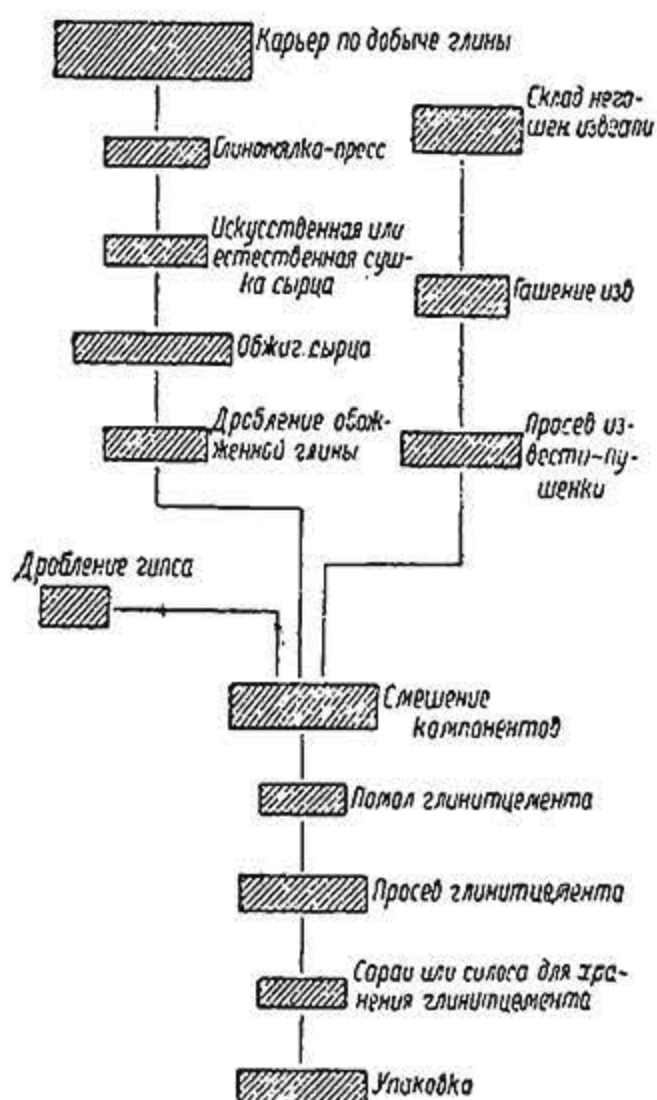
Формование глины. Формование глины в виде валяшек, или в виде кирпичного сырца (наиболее желательна форма кирпичного сырца с уменьшенной вдвое толщиной) необходимо, как в целях удобства загрузки и предоставления свободного протекания газов горения через массу насадки, так и для достижения наиболее равномерного прогрева массы. Формование может происходить на ручных порядовицких столах, на глиномялках и на ленточных прессах. В некоторых случаях, при однородности глиняных пластов и равномерной пластичности, возможно вырезывание глиняной валяшки непосредственно из залежей. Предварительная подготовка глины естественным (вымораживанием и т. д.), или механическим путем (бегуны, вальцы и т. д.) не является нужной, так как в данном случае нет необходимости искусственно повышать пластичность массы.

Сушка валяшек. Сушка валяшек необходима в целях недопущения сильного выпаривания в печи, что может нарушить режим печи и правильность обжига, и для возможности производить садку по всю высоту печи. Для соблюдения непрерывности производства целесообразно строительство искусственных сушилок. Соблюдение строгих правил сушки и окончательная высушка сырца не является необходимым, так как трещиноватость и деформация в валяшке не имеют большого влияния и даже желательны.

Обжиг. Обжиг глины может производиться в кирпиче-обжигательных напольных печах, печах периодического действия (предпочтительно печи с обратной тягой), печах непрерывного действия (гофманские печи) и в шахтных печах. Температура обжига не должна превышать 700—800°C, так как в противном случае гидравлические свойства каолинового ангидрида будут ухудшаться.

Дробление. Перед смешением с известью и помолом обожженная глина должна быть раздроблена (до величины ореха). В условиях кустарного производства возможно дробление глины производить вручную. При механизации процесса дробления целесообразно применение молотковых дробилок «Клеро».

Обжиг извести. Обжиг извести производится в известково-обжигательных печах или в тех же печах, в которых обжигается глина. Желателен, но не обязателен обжиг извести на месте производства и возможна работа на привозной извести-кипелке.



Фиг. 14. Схема производства глинистого цемента.

Желателен, но не обязателен обжиг извести на месте производства и возможна работа на привозной извести-кипелке.

Гашение извести. Гашение извести на ручных и полумеханизированных заводах происходит обычным путем (см. известь воздушную). На механизированных заводах большей мощности целесообразна установка специальных гидраторов. Гашеная известь во всех случаях должна быть просеяна через сита с 9—16 отв/см². Пушонка не должна быть влажной, так как влажность значительно затрудняет помол смеси.

Помол цемента. Помол глины производится при добавлении к ней извести-пушонки и катализатора (гипса). Смешение составных частей желательно производить не в помольном устройстве, а в расположенном перед ним бункере (закроме). В последнем происходит предварительное грубое перемешивание и в помольные устройства поступает смесь, подлежащая тонкому перемолу.

Относительная мягкость составных компонентов допускает применение для их размолы помольных агрегатов различной степени мощности, начиная от кварцитовых жерновов и до шаровых мельниц. При несовершенных помольных устройствах порошок должен быть пропущен через сита. Смешение массы должно быть весьма тщательное, так как чем однороднее смесь, тем лучшие показатели дает цемент.

Перемолотый продукт поступает для хранения в силоса.

Свойства. Объемный и удельный вес. Удельный вес известково-пуццолановых цементов колеблется в пределах 2,2—2,7. Объемный

НТБ
ДНУЖТ

вес зависит от объемного веса гидравлической добавки. Так объемный вес известково-диатомового цемента в рыхлом состоянии составляет около 600 кг/м^3 и в уплотненном около 800 кг/м^3 . Для глинитцемента эти показатели соответственно равны $700—800 \text{ кг/м}^3$ и $1000—1200 \text{ кг/м}^3$.

Равномерность изменения объема. Известково-пуццолановые цементы должны обнаруживать равномерность изменения объема при испытании как в воде, так и при горячих пробах.

Тонкость помола. Тонкость помола известково-пуццолановых цементов должна приближаться к таковой же портланд-цемента. В крайнем случае, допускается остаток на сите в 900 отв/см^2 не больше 5% и на сите в 4900 отв/см^2 не больше 50%.

Схватывание и твердение. Начало схватывания цементов колеблется от 2 (глинит-цемент) до 5 часов (изоль-цемент). Конец схватывания — соответственно от 6 (глинит-цемент) до 24 часов (изоль-цемент). Твердение цементов происходит медленно. При этом воздушное твердение протекает менее благоприятно, чем водное (известково-диатомовый раствор), и с течением времени возможно снижение прочности раствора. Опасность снижения прочности при воздушном хранении тем меньше, чем тщательнее и тоньше произведен помол.

Гидравлическость. Растворы из известково-пуццолановых цементов обладают гидравлическими свойствами и поэтому, при нахождении их в воде, происходит непрерывное приращение прочности.

Морозостойкость. Растворы из известково-пуццолановых цементов не являются морозостойкими и при попеременном замораживании в оттаивании разрушаются уже после нескольких испытаний. Это обстоятельство не является угрожающим при применении цементов для изготовления растворов, так как раствор в шве не находится в условиях, сколько-нибудь аналогичных условиям лабораторного испытания.

Что же касается камней, то слабая морозостойкость цементов является угрожающей и при неудовлетворительном изготовлении бетона и формовании камней и неудовлетворительной пропарке, может привести к сильному снижению прочности. Морозостойкость растворов и камней тем выше, чем тщательнее приготовлен цемент.

Прочность. Согласно данным ВИСМ прочность известково-диатомового цемента при водном хранении возможно охарактеризовать следующей таблицей:

Таблица 7

| Вид цемента | Временное сопротивление в кг/см^2 раствора 1:3 с нормальным песком по весу | | | | | |
|---|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Растяжению | | | Сжатию | | |
| | через 14 дней | через 28 дней | через 90 дней | через 14 дней | через 28 дней | через 90 дней |
| Известково-диатомовый цемент (70—80% диатома и 20—30% извести). | 8—10 | 12—15 | 15—18 | 30—50 | 50—80 | 80—100 |

Эти цифры не являются показательными для других цементов. Так в частности для изоль-цемента временное сопротивление растяжению через 28 дней при водном хранении должно быть, согласно ОСТ 4739, не менее 6 кг/см^2 и сжатию — 40 кг/см^2 .

Что же касается глинит-цемента, то прочность глинит-цемента зависит от состава смеси и является наибольшей при некоторой оптимальной дозировке, зависящей в каждом отдельном случае от свойств исходных материалов.

НТБ
ДНУЖТ

Согласно проекта ОСТ, механические свойства глинит-цемента должны соответствовать следующим нормам:

Таблица 8

| Вид цемента | Временное сопротивление в кг/см^2 раствора 1:3 с нормальным песком по весу | | | |
|---------------|---|---|--------------|---------------|
| | Растяжению | | Сжатию | |
| Глинит-цемент | Через 7 дней (3 дня влажный воздух + 4 дня вода) | Через 28 дней (3 дня влажный возд. + 25 дней вода или комбиниров. хранение) | Через 7 дней | Через 28 дней |
| | 6 | 10 | 30 | 60 |

Семидневные испытания являются факультативными

Экономика. Экономика известково-пуццолановых цементов еще не проработана, но все же возможно сделать некоторые общие замечания. Как видно из данных о прочности цементов, расход их на приготовление растворов заданной прочности будет несколько больше, чем при употреблении портланд-цемента. В то же время стоимость известково-пуццолановых цементов будет значительно ниже, вследствие несложности производственного процесса, более низкой температуры обжига и более легкого помола. Производство же этих цементов с народно-хозяйственной точки зрения также чрезвычайно выгодно, ввиду экономии в расходе топлив, тем более местного, несложности производственного оборудования и т. д.

Капиталовложения на строительство заводов глинит-цемента составляют по подсчетам Росстромпроекта от 10 до 18 р. на тонну продукции и себестоимость одной тонны глинит-цемента—от 12 р. 50 к. до 20 р. (максимальные пределы в обоих случаях относятся к кустарному производству).

Применение. Известково-пуццолановые цементы являются материалами, могущими заменить иные вяжущие вещества и в первую очередь портланд-цемент во всех видах растворов, при изготовлении бетонных камней и прочих бетонных элементов, при изготовлении органических плит (фибrolит) и при монолитном бетонном строительстве (например легкий бетон). Применение известково-пуццолановых цементов для железобетона исключается, как вследствие их недостаточной прочности, так и вследствие невыясненности влияния их на арматуру.

Во всех случаях применения известково-пуццолановых цементов необходимо учитывать возможность снижения прочности в условиях воздушного твердения и придерживаться нижеприводимых указаний.

а) Растворы. В основном правила применения известково-пуццолановых цементов таковы же, что и известково-диатомового раствора. Здесь лишь укажем, что желательно применение известково-пуццолановых цементов в тех случаях, когда не требуется быстрого нарастания прочности и сооружение находится во влажном состоянии. В прочих случаях требуется защита раствора от быстрого высыхания. При кладке подводных и подземных сооружений применение известково-пуццолановых цементов, как медленно твердеющих, может иметь место тогда, когда сооружение вступает в эксплуатацию не сразу, а через известный промежуток времени (напр. ирригационные каналы, бетонные трубы, водохранилища и т. п.)¹.

б) Искусственные камни. Искусственные камни и иные штучные изделия для надземной кладки желательно изготовлять путем пропаривания (см. легкобетонные камни). В случае изготовления их методом воздушного вызревания целесообразно выдерживание отфор-

¹ См. подробно: проф. В. А. Кинд „Специальные цементы“. Стройиздат 1932 г.

мованных камней в течение 3—4 недель в помещении, насыщенном влагой при постоянной обильной поливке.

в) **Набивной бетон.** Применение известково-пуццолановых цементов для изготовления монолитного бетона может иметь место лишь в том случае, если проведены мероприятия препятствующие, преждевременному высушиванию бетона (напр. длительное и обильное увлажнение).

Хранение цементов допустимо лишь в хорошей, плотной таре (равно как и транспортировка) в течение не свыше 1—2 месяцев по изготовлении. В противном случае может начаться карбонизация пушонки (гидрата окиси кальция), что обусловит значительное снижение прочности.

Перспективы развития производства. Производство известково-пуццолановых цементов, основанное на использовании местного сырья (глина, диатомиты) или отходов производства (шлаки, золы) не требует сложного оборудования и высококачественных видов топлива. Расход топлива, в силу относительно невысокой температуры обжига составных частей (в большинстве случаев лишь одной извести), значительно меньше, чем при производстве портландцемента. Для производства глинист-цемента может быть использован также и существующий основной фонд кирпичной промышленности. Эти обстоятельства, равно как и значительное сокращение транспортных расходов (местные материалы) и обусловленное всеми перечисленными факторами удешевление продукта, создают предпосылки к развитию массового производства известково-пуццолановых цементов. Наибольшие перспективы развития по богатству и разбросанности сырьевых баз имеют глинист-цемент и известково-диатомовый цемент, а в металлургических районах—известково-шлаковый цемент.

ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Гипс полугидратный, гипс гидравлический, ангидритовый цемент

Сырье. Исходным материалом для производства различных модификаций строительного гипса является минерал гипс, представляющий собой сернокальциевую соль с двумя молекулами химически связанной воды ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Различают следующие разновидности гипса: крупнокристаллический, гипс, гипсовый шпат, листоватый гипс, волокнистый гипс, зернистый гипс, чешуйчатый гипс, плотный гипс, землистый гипс и т. д., известные в практике под названием „гипсовый камень“.

Помимо двухводного гипса (двугидрата) в природе встречается также безводный сернокислый кальций (CaSO_4), обыкновенно сопровождающий залежи двухводного гипса, называемый ангидритом. На поверхности земли ангидриты всегда бывают превращены в гипс, в более глубоких горизонтах лежит еще чистый ангидрит, а между первым и последним слоем располагается смесь обоих минералов.

Удельный вес гипса—2,2—2,4; твердость по шкале Мооса равна 2. Теплопроводность гипса незначительная. Растворимость гипса, в воде составляет 2,05 г в 1 л воды при 20° (ангидрит растворяется труднее, имеет больший удельный вес и большую твердость). Растворимость гипса и разбавленной соляной и азотной кислотами и в растворах многих солей (алюминиевых, калиевых, натриевых и т. д.) больше, чем в воде.

В природе различные виды гипса чрезвычайно распространены и встречаются в виде залежей. Существующие залежи гипса образовались различно: путем осаждения из морской воды, путем отложений самоосадочных озер, путем выделения из горячих источников, в результате окисления серного колчедана и воздействия продуктов окисления на известняки и т. д., что и определяет различный тип месторождений.

В СССР залежи гипса известны на Волге, на Урале, в районе Артемовска в Донбассе, на Северном Кавказе, в Московской области, в районе Архангельска, в районе Пскова, по Оке и в ряде других мест.

Виды искусственно-обработанного гипса. При нагревании гипса до полного или частичного выделения содержащейся в нем химически связан-

ной воды получают различные модификации, отличающиеся друг от друга как количеством связанных молекул воды, так и молекулярным строением. Таковыми модификациями являются: гипс полугидратный, растворимый ангидрит, нерастворимый ангидрит и гидравлический гипс (эстрих-гипс),

Чистый двугидратный гипс имеет примерно следующий состав:

| | |
|---|---------|
| CaO | . 32,0% |
| SO ₃ | . 45,0% |
| H ₂ O | . 21,0% |
| Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ | . 1,0% |
| MgO | . Следы |
| Нерастворимый осадок | . 1,0% |

Химический состав полугидратного примерно следующий:

| | |
|----------------------------|---------|
| CaO | . 38% |
| SO ₃ | . 53,5% |
| H ₂ O | . 7,5% |
| Нерастворимый осадок | . 1,0% |

При нагревании гипс начинает терять воду примерно с 107°, и до 170° большая часть воды теряется (1½ молекулы). Эта разновидность гипса называется полугидратным гипсом (алебастром). При нагревании гипса от 170 до 200° последний содержит в себе еще некоторое количество воды и при затворении водой схватывается медленнее чем полугидратный гипс (растворимый ангидрит); при последующем нагревании до 500—600° Ц получается нерастворимый ангидрит, схватывание которого происходит чрезвычайно медленно и незначительно, вследствие чего эту разность называют „намертво обожженным гипсом“. При нагревании гипса свыше 750° он получает способность медленно затвердевать с большим количеством воды в сплошную, твердую, весьма устойчивую против атмосферных влияний массу. Эта разность гипса называется гидравлическим гипсом.

До последнего времени гипсовые вяжущие вещества не находили в строительстве того применения, какое они заслуживают благодаря несложному оборудованию, требующемуся для их производства и незначительному расходу топлива. Ряд новых работ в области гипсов, проведенных проф. П. П. Будниковым и частично ЦНИИПС, позволяют ныне взять установку на максимальное расширение производства различных модификаций гипса как в качестве самостоятельных вяжущих материалов, так и как полуфабриката для производства различных гипсовых отливок.

Гипс полугидратный (алебастр)

Определение. Полугидратным гипсом (алебастром) называется продукт, получаемый умеренным обжигом природного двуводного гипса (CaSO₄ · 2H₂O) при температуре обжигаемого материала в 120—170°, до превращения его в полуводный гипс, т. е. полугидрат сернокислого кальция (2CaSO₄ · H₂O), с последующим или предшествующим обжигу перемолом его в тонкий порошок.

Полугидратный гипс представляет собой порошок белого, иногда слегка розоватого, желтоватого или серого цвета. На ощупь гипс жирен и прилипает к пальцам.

Если полугидратный гипс привести в соприкосновение с водой, то он снова в течение короткого времени (до 30 мин.) присоединяет воду с повышением температуры и увеличением в объеме до 1%, причем происходит обратное преобразование его в двугидрат.

Свойства. Химический состав. По своему химическому составу

НТБ
ДНУЖТ

полугидратный гипс представляет собой полугидрат сернокислого кальция; при этом содержание гидратной воды не должно превышать 7,5%.

Химический состав продажного штукатурного гипса примерно следующий:

| | |
|---|---------------|
| CaSO ₄ | от 70 до 96% |
| CaCO ₃ | " 0,4 " 14,0% |
| MgCO ₃ | " 0 " 6,5% |
| Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ | " 0 " 4,2% |
| Нерастворимый осадок . | " 0,1 " 19,4% |
| Воды | 1,8 " 13,2% |

Объемный и удельный вес. Объемный вес полугидратного гипса в рыхлом состоянии равен 700—850 кг/м³. Объемный вес гипсового раствора зависит от количества добавленной воды; так например, при добавлении 50% воды он составляет 1260 кг/м³, а при добавлении 80% воды—1000 кг/м³. Удельный вес полугидратного гипса примерно равен 2,6.

Схватывание. При добавлении к гипсу воды образуется тесто, довольно быстро твердеющее в воздухе, вследствие преобразования полугидрата сернокислого кальция в двугидрат. Если рассматривать в этот момент гипсовый раствор под микроскопом, то видно, что через 5—6 мин. после добавления воды начинается образование большого количества иглообразных кристаллов. Процесс кристаллизации протекает очень быстро и заканчивается примерно через 30—40 мин. Начало образования кристаллов отвечает началу схватывания раствора; окончание процесса кристаллизации—концу схватывания. В соответствии с этим схватывание раствора сопровождается изменением подвижности и плотности массы; конец схватывания практически означает тот момент, когда гипс теряет способность покрывать поверхность ровным слоем под влиянием разглаживающего инструмента.

Явление схватывания гипса объясняется, как уже указывалось выше, присоединением к полуводному гипсу воды и образованием твердого CaSO₄ · 2H₂O. Твердение массы происходит вследствие того, что полуводный гипс в пять раз более растворим в воде, чем двуводный гипс. Поэтому раствор, получающийся при затворении водой полугидрата и являющийся насыщенным по отношению к полугидрату, пресыщен по отношению к двугидрату. Пресыщение раствора и вызывает выпадение мелких кристаллов гипса во всей толще раствора и последующее образование кристаллических сростков, т. е. происходит явление кристаллизации. Поверхностные слои гипсовых зерен переходят в раствор, обнажая нижележащие слои гипса, которые в свою очередь подвергаются гидратации.

При наличии в гипсе неразложившегося двугидрата схватывание проходит быстрее, так как частицы двугидрата являются центрами кристаллизации, ускоряющими таковую. Растворимый ангидрит, напротив, замедляет схватывание гипса.

Скорость прохождения процесса схватывания гипса зависит также от количества добавляемой при отливке воды. Чем воды больше, тем быстрее схватывается гипсовый раствор. Одновременно с этим происходит снижение прочности раствора, так как кристаллы двугидрата неплотно укладываются и образуют пористую массу, заполняющуюся водой.

В последнее время ряд исследователей, в частности проф. А. А. Байков, рассматривают схватывание гипса как коллоидный процесс, а гипсовый раствор, как студень (коллоидный гель), проросший иглообразными кристаллами. Проф. А. А. Байков считает¹, что всякое твердеющее тело (цемент) обязательно проходит стадию коллоидального образования,

¹ Карл Наске. Цементное производство, пер. с 4-го нем. изд., с приложением статей проф. А. А. Байкова и инж. М. И. Сытина, Макиз, М. 1928 г., стр. 345.

хотя бы в конце процесса отвердевший раствор состоял только из кристаллических образований, обладающих заметной растворимостью в воде. Им был приготовлен, путем всыпания в определенный объем воды соответственного количества полуводного гипса и энергичного перемешивания в течение 10 мин., гипсовый студень, содержащий всего 4—5% CaSO_4 . Студень имел маслянистый блеск, через короткое время начавший тускнеть вследствие начавшегося процесса кристаллизации.

На практике вышеуказанные отдельные стадии отвердевания налагаются одна на другую, т. е. в то время, когда вся масса воды еще не успела образовать насыщенный раствор, на поверхности зерен начинается образование коллоидного геля, который постепенно переходит в кристаллическое состояние. Образование коллоидного геля несколько замедляет процесс гидратации. Затем, после некоторого перерыва, происходит дальнейшая гидратация зерен гипса и быстрая кристаллизация двуhydrата.

Процесс схватывания гипса сопровождается выделением тепла, причем к концу схватывания повышение температуры доходит до 20 и более градусов (обычный максимум через 15—30 мин.). Одновременно с этим происходит и увеличение объема гипсового раствора (на 1%).

ОСТ 2645 устанавливает начало схватывания гипса не ранее 4 мин., а конец схватывания — не ранее 10 и не позднее 30 мин.

Определение сроков схватывания происходит при помощи иглы Вика на растворе нормальной густоты¹. Началом схватывания считается промежуток от начала всыпания гипса в воду до того момента, когда игла начинает не доходить до дна; концом схватывания — когда игла опускается в тесто не более как на 0,5 мм.

Образование двуhydrата сопровождается поглощением большего количества воды, нежели это теоретически потребно. Двуhydrат в момент достижения наибольшей твердости содержит всего 21% воды; поэтому для получения двуhydrата необходимо добавить разницу между этим количеством и уже имеющейся водой в полугидрате (7—8%), т. е. не свыше 13—14%. Фактически же добавляется до 55—65% (см. ниже), причем избыточная вода, служащая средой для перекристаллизации полугидрата в двуhydrат, с течением времени испаряется, сообщая массе пористость и понижая ее прочность. Если снизить количество добавляемой воды, приближая его к теоретической потребности, то получается слишком быстро твердеющее тесто, с которым практически нельзя работать. При большем количестве воды, нежели указано выше, раствор получается менее плотный и менее твердый (см. также „Гипсовые доски“).

Ускорители и замедлители скорости схватывания. Как уже указывалось выше, скорость схватывания гипса весьма значительна и равняется у большинства продажных гипсов 5—15 мин. Это обстоятельство затрудняет работу с гипсом, так как всякое нарушение схватывания нарушает внутреннюю структуру гипса и нормальное течение процесса твердения. Помимо этого, чем медленнее схватывание, тем крупнее образующиеся кристаллы гипса и тем прочнее гипс.

Поэтому обратились к поискам веществ, замедляющих процесс схватывания. Эти вещества называются отрицательными катализаторами в отличие от веществ, ускоряющих процесс схватывания и именуемых положительными катализаторами (их применение имеет место при

¹ Количество воды, потребное для образования теста нормальной густоты, вычисляется в процентах по формуле

$$Q = \left(1 - \frac{p}{1000d}\right) \cdot 100, \text{ где}$$

p — вес 1 л испытуемого гипса в рыхлом состоянии, а d — удельный вес его.

Порядок определения нормальной густоты, равно как и механического испытания, указан в ОСТ 2645

работе с гидравлическим гипсом, процесс твердения которого нуждается в ускорении).

К отрицательным катализаторам относятся: клей мездровый или костяной (0,1—0,2% от веса гипса), бура (насыщенный раствор в количестве 7% от объема добавляемой к гипсу воды), известь, хлористый кальций, алкоголь и т. д.

К положительным катализаторам относятся: сернокислый калий, хлористый натрий, хлористый магний, ряд минеральных кислот и т. д. Е. В. Костырко дает следующие цифровые данные, характеризующие степень влияния различных катализаторов:

Т а б л и ц а 9

| Род материала | Начало схватывания в минутах | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------|-----------|
| | Нормальный материал | 1% серно-кисл. калия | 2% серно-кисл. калия | 0,1% клея | 0,2% клея |
| Лебастр строительный с 50% воды | 5—6 | 2—3 | 1—1½ | 10—15 | 15—20 |
| Лебастр вареный с 40% воды | 5 | 1½—2 | ½—1 | 8—10 | 10—15. |

Очень сильное влияние клея объясняется тем, что клеевая вода (как и прочие коллоидные растворы) обволакивает пленкой зерна гипса, препятствует проникновению к ним воды и уменьшает этим растворимость гипса, а следовательно и замедляет процесс кристаллизации.

Прочность. Нарастание прочности гипсового раствора проходит в соответствии с течением процесса схватывания. Как указывалось выше, последний можно подразделить на 2 периода: период кристаллизации двугидрата, выделяющегося из пересыщенного раствора, и образования кристаллического сростка и период отдачи растворами избыточной воды. Исходя из этих соображений, ОСТ 2645 устанавливает два срока испытаний прочности гипсового раствора: через 1 день (процесс кристаллизации, т. е. процесс твердения, фактически заканчивается через 3 часа) и через 7 дней (раствор можно считать вполне высохшим). Испытание в последующие сроки излишне, так как нарастание прочности после высушки раствора в лабораторных условиях обычно прекращается. Временное сопротивление растяжению чистого гипсового раствора через 1 день должно быть не менее 7 кг/см², а через 7 дней — не менее 15 кг/см². В большинстве случаев возможно ограничиться испытанием через 1 день, так как ряд наблюдений установил, что прочность схватившегося, но еще сырого гипсового раствора (1 сутки) всегда в два раза меньше, чем прочность высохшего гипсового раствора (7 суток).

Временное сопротивление сжатию колеблется, в зависимости от качества гипса, от 50 до 100 кг/см².

Прочность гипсового раствора в практических условиях зависит от ряда факторов: скорости схватывания количества добавленной к нему при изготовлении воды, наличия остаточной влажности, температуры среды, однородности массы и т. д.

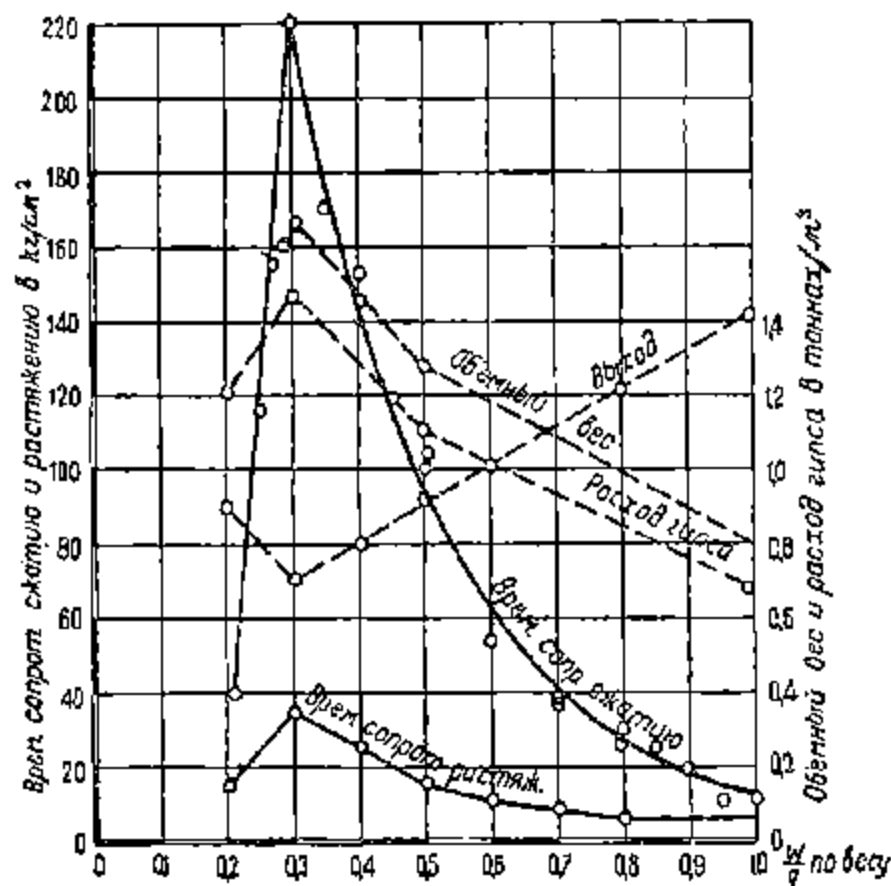
Чем быстрее проходит схватывание раствора, тем меньше его прочность, так как при быстром схватывании выделяются кристаллы небольшого размера, слабые и относительно малопрочные.

При нормальном течении процесса схватывания гипсового раствора прочность его преимущественно определяется соотношением веса добавляе-

НТБ
ДНУЖТ

мой при отливке воды к весу израсходованного гипса (водогипсовый фактор). Максимум прочности раствора имеет место при водогипсовом факторе 0,25—0,3 (см. фиг. 15). Но при таком количестве воды консистенция раствора неудобна для отливки, и приходится, несмотря на уменьшение прочности раствора, работать на больших значениях водогипсового фактора (0,45—0,65).

Понижение прочности раствора на правой ветви кривой объясняется последующим испарением избыточной воды, что обуславливает пористость раствора. Понижение прочности раствора при работе на левой ветви кривой возможно объяснить тем, что в массе гипса остаются несмоченные частицы гипса. Как видно из фиг. 15, чем больше водогипсовый фактор, тем меньше



Фиг. 15. Зависимость прочности гипсовой отливки от величины водогипсового фактора.

объемный вес отливки и тем меньше расходуется гипса на ее изготовление.

Таким образом, варьируя количество добавляемой воды, возможно получать раствор любой прочности.

Что же касается наличия остаточной влажности, то следует считать с тем, что гипс получает максимально возможную прочность лишь по полном высыхании (см. выше) и понижает ее в весьма значительной степени, находясь во влажном состоянии. Так например, прочность гипсового раствора, содержащего 15% влаги, вдвое меньше прочности воздушно-сухого раствора.

При естественной сушке раствора вода удаляется не полностью, и прочность отливки меньше, чем при искусственной сушке.

Влияние температуры среды изучалось Е. В. Костырко и имеет большое практическое значение при изготовлении гипсолитовых изделий и необходимости их досушки. Из нижеприводимой таблицы 10 видно, что при сушке гипсового раствора при температуре свыше 35—40° имеет место значительное падение временного сопротивления сжатию и растяжению.

Тонкость помола. Согласно ОСТ 2645 остаток гипсового порошка на сите с 64 *отв/см²* не должен превышать 2% и на сите с 900 *отв/см²*—30% от навески. Согласно данным проф. Е. В. Костырко некоторые из продажных гипсов не удовлетворяют стандартным требованиям, давая остаток на сите с 900 *отв/см²* от 33 до 57%.

Влагоемкость. Влагоемкость гипсового раствора составляет 25—40%.

Гигроскопичность. Гигроскопичность гипсового раствора составляет 1%.

Устойчивость против атмосферных влияний. Гипсовый раствор недостаточно устойчив против атмосферных влияний. Объясняется это, с одной стороны, некоторой растворимостью гипса под влиянием атмосферных осадков, а с другой — сильной пористостью гипсового рас-

НТБ
ДНУЖТ

Т а б л и ц а 10

Влияние температуры просушки на прочность гипсовых растворов

| Род материала | Временное сопротивление образцов в кг/см ² | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--------------------|---------|--|
| | Сушка воздушная через 28 дней | | Сушка при 35° через 3 часа по заформовании | | Сушка при 60° через 3 часа по заформовании | | Сушка при 80° через 3 часа по заформовании | | Сушка между 30—80° | | |
| | сжат. | растяж. | сжат. | растяж. | сжат. | растяж. | сжат. | растяж. | сжат. | растяж. | |
| Вареный алебастр (Моссилката) | | | | | | | | | | | |
| 1-я партия | 105,6 | 26,2 | 106,2 | 24,1 | 91,2 | 22,2 | — | — | — | — | |
| То же, 2-я партия | 62,2 | 18,2 | 58,7 | 16,18 | 30,2 | 10,1 | 36,4 | 2,3 | 32,8 | 3,4 | |

творца, жадно поглощающего влагу и быстро поэтому разрушающегося от мороза.

Огнестойкость. См. „Гипсовые плиты“.

Устойчивость против химических влияний. Сернистые газы в условиях влажности, а следовательно и сульфаты, на гипс не действуют. Вредно влияние хлористых соединений, вызывающих обменные реакции, в конечном итоге ведущие к разрушению материала.

Улучшение качества полугидратного гипса. Ряд исследователей работал над вопросами улучшения качества полугидратного гипса путем введения в его состав тех или иных веществ. В результате этих работ был предложен ряд способов для получения продуктов более высокого качества, известных под наименованием: Стукко, литомарлита, цемента Кина, париян-цемента, триполит-цемента, селенитового раствора Скотта и т. д.

Стукко представляет собой полугидратный гипс, затворенный на клеевой воде.

Литомарлит — полугидратный гипс, затворенный раствором буры и клея (80 г буры и 20—30 г клея на 1 л воды).

Цемент Кина — продукт размолла полугидратного гипса, пропитанного после обжига 7—8%-ным раствором квасцов и вновь обожженного.

Париян-цемент — продукт размолла полугидратного гипса, пропитанного после обжига 10%-ным раствором буры и вновь прокаленного при температуре светлокрасного каления.

Триполит-цемент — продукт совместного перемолла полугидратного гипса и сильно обожженного доломита.

Селенитовый раствор Скотта — продукт, получающийся в результате гашения извести 5%-ным раствором гипса (можно заменить неочищенной серной кислотой). Селенитовый раствор принимает значительно больше песка, чем известковый и обладает значительно большей прочностью и твердостью.

Производство полугидратного гипса. Полугидратный гипс может быть получен из гипсового камня по двум способам: путем непосредственного соприкосновения камня с пламенем (жженный гипс) и путем нагрева гипсового камня в варочных котлах (вареный гипс).

Жженный гипс. Приготовление жженого гипса складывается из следующих операций: предварительного дробления гипсового камня (если обжигать гипс в крупных кусках, то неизбежен перегрев и образование растворимого ангидрита, что отражается на схватывании), обжига его в течение 4—18 час. в камерных или шахтных печах с выносными толчками при температуре от 150 до 180°, размолла обожженного продукта на бегунах или жерновах и просеивании через сита.

Вареный гипс. Получение вареного гипса основано на том, что если нагревать гипс в котлах при постоянном перемешивании, то при температуре 130—160° происходит бурное выделение паров воды, разрыхляющее гипс, делающее его чрезвычайно подвижным и увлекающая с собой гипсовую пыль. В результате этого процесса гипсовый камень превращается в порошок.

При получении вареного гипса необходим предварительный размол гипсового камня на бегунах или жерновах (последнее предпочтительнее). Молотый гипс нагревается газами горения в варочных котлах и поступает после обезвоживания на шаровую мельницу.

Степень тонкости предварительного размолла камня имеет чрезвычайно большое значение, так как при крупном помоле вареный гипс содержит очень большое количество необожженного двуhydrата, величиной иногда до мелкой горошины.

Расход условного топлива при первом способе составляет около 8 кг на 100 кг полугидратного гипса, а при втором—7,5 кг.

В последнее время в Западной Европе и в СССР осуществляется переход к производству жженого гипса во вращающихся печах (например вращающихся печах системы инж. Поплавского). Расход топлива снижается при этом до 5,5 кг. Готовый продукт вполне однороден по своему качеству.

Оборудование гипсовых заводов может быть весьма несложным.

Методы испытаний. Методы испытаний гипса приведены в ОСТ 2645.

Хранение. Хранение гипса в неудовлетворительных влажностных условиях ведет к его отсыреванию и образованию двугидрата, т. е. следовательно к его порче.

Применение. Полугидратный гипс применялся в практике строительства с очень древних времен. Низкая температура обжига гипса, легко достижимая в примитивных и несовершенных топливниках, способствовала тому, что гипс явился одним из первых вяжущих материалов, известных человечеству.

В настоящее время полугидратный гипс применяется: для изготовления штукатурных растворов, для изготовления гипсовых камней, плит и досок (см. „Гипсолитовые плиты“), применяющихся для возведения перегородок и устройства вентиляционных коробов, для лепных работ и т. д.

Штукатурные растворы могут быть чисто гипсовые, гипсо-известковые, гипсо-песчаные, гипсо-шлаковые и т. д. Применение гипсовых растворов в сырых местах нежелательно, так как при стационарном влиянии влаги они могут разрушиться.

Гидравлический гипс (эстрих-гипс)

Определение. Гидравлическим гипсом (эстрих-гипсом) называется продукт сильного обжига (при температуре 800—1000°) природного двухводного гипса или ангидрита до превращения его в безводный гипс (CaSO_4), с последующим перемолом в очень тонкий порошок.

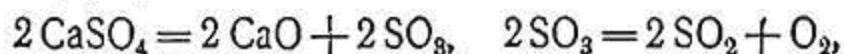
При соприкосновении гидравлического гипса с водой он чрезвычайно медленно присоединяет ее вновь, превращаясь при этом в сплошную твердую массу большой прочности.

В процессе схватывания некоторую, впрочем еще недостаточно выясненную, роль играет также и окись кальция, образующаяся в результате диссоциации сернокислой извести, происходящей вследствие высокой температуры обжига. В результате влияния воды, свободная известь переходит в гидрат окиси кальция и с течением времени карбонизируется с выделением воды: $(\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO} = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O})$.

По своим свойствам, равно как и способам применения, гидравлический гипс не имеет ничего общего с полугидратным гипсом, причем положительные качества его как строительного материала чрезвычайно высоки.

Свойства. Внешний вид. По своему внешнему виду размолотый гидравлический гипс представляет собой тонкий порошок белого цвета со слабым желтоватым и красноватым оттенком.

Химический состав. Гидравлический гипс представляет собой безводный сернокислый кальций (CaSO_4) с некоторым содержанием окиси кальция (CaO). Последнее объясняется тем, что при обжиге гипса при температуре свыше 750° происходит не только обезвоживание, но его разложение по формуле:



т. е. происходит образование свободной извести. Количество свободной извести зависит от температуры обжига: при 800° оно составляет около 2,73%, а при 1100°—3,58%.

Вес. Удельный вес гидравлического гипса примерно равен 2,8—2,9. Объемный вес в рыхлонасыпанном состоянии равен 1000—1100 кг/м³.

Тонкость помола. Желательно, чтобы остаток на сите с 4900 отв/см² не превышал бы 30%.

Схватывание и твердение. Процесс схватывания и твердения гидравлического гипса заключается в переходе безводного гипса в дугидрат. Схватывание происходит несравненно медленнее, чем у полугидратного гипса, примерно в течение от полусуток до полутора суток¹. В связи с малой растворимостью гипса твердение идет также очень медленно, заканчиваясь полностью лишь в течение нескольких месяцев. А так как твердение возможно только в присутствии воды, то для получения надлежащей прочности необходимо изделие из гидравлического гипса в течение достаточно долгого времени содержать в состоянии влажности. Для практических целей достаточно увлажнение и твердение в течение 10—14 дней.

Схватившийся раствор имеет рыхлое строение и в таком виде не обладает большой прочностью. Для достижения окончательной прочности необходимо его дополнительное уплотнение путем сильного трамбования (примерно через сутки после затворения гипса). В результате получается сильная осадка массы, примерно до $\frac{3}{4}$ первоначальной толщины. Трамбование сближает между собой частицы дугидрата и облегчает образование кристаллических сростков в последующие сроки твердения.

Твердение раствора не сопровождается увеличением его объема.

Согласно проекта ОСТ на гидравлический гипс, начало схватывания должно быть не позднее 16 час. и конец схватывания — не позднее 24 час. от начала затворения.

Количество воды, потребной для схватывания. Для затворения эстрих-гипса требуется 30—35% воды, т. е. примерно в 2 раза меньше, чем при полугидратном гипсе.

Прочность. Прочность гидравлического гипса чрезвычайно велика и доходит через 16 дней до 150—180 кг/см² (сжатие) и через 30 дней — 170—200 кг/см² (сжатие)² и выше. Временное сопротивление растяжению доходит через 28 дней до 35 кг/см²³. Согласно проекта ОСТ, временное сопротивление растяжению чисто гипсового раствора должно быть через 7 дней не менее 10 кг/см², а через 28 дней — не менее 25 кг/см². Временное сопротивление сжатию через 7 дней — не менее 100 кг/см² и через 28 дней — не менее 150 кг/см².

Опыты показали, что в растворы гидравлического гипса возможно введение песка, шлака и других заполнителей, в пропорции 1:1 до 1:3. При употреблении заполнителей с гладкой поверхностью (песок, гравий) отсутствует сколько-нибудь значительное сцепление между раствором и заполнителем; последний является исключительно механическим балластом, отошающим раствор и снижающим его прочность. Более благоприятно введение котельных шлаков, обладающих ноздреватой поверхностью и обеспечивающих лучшее сцепление с гипсом.

Устойчивость против атмосферных влияний. Гидравлический гипс, будучи растворимым в воде, поддается действию атмосферных влияний, однако он более устойчив, чем полугидратный гипс, так как плотность его больше.

Улучшение качества гипса. Наравне с попытками улучшения качеств полугидратного гипса имели также место работы по улучшению качеств гидравлического гипса. Результатом этих работ явились цементы Мака и Скаглиола и цемент Хейнцаля и Крамера.

¹ В зависимости от температуры обжига гидравлический гипс может быть получен более быстро и более медленно схватывающимся.

² П. П. Будников, К исследованию гипса. Материалы КЕПС Академии наук СССР, Изд. Академии наук, Л. 1930 г., стр. 43.

³ Во всех случаях хранеше во влажном воздухе.

НТБ
ДНУЖТ

Цемент Мака представляет собой гидравлический гипс, затворенный 30—35 ч. водного 1%-ного раствора сернокалиевой соли.

Цемент Скаглиола — смесь гидравлического гипса с гипсовым шпатом, затворенную раствором клея.

Цемент Хейтцеля и Крамера — гидравлический гипс с добавкой $1/4\%$ кислот сернокалиевой или сернонатриевой соли, вводимой в состав гипса или в сухом виде (при размоле или после него) или в виде раствора.

Производство гидравлического гипса. Производство гидравлического гипса состоит из двух основных операций: обжига гипсового камня и размола обожженного камня в тонкий порошок. Обжиг может производиться в обыкновенных шахтных печах с пересыпным топливом. Конечно более целесообразен обжиг в шахтных печах с выносными топками, что обеспечивает большую чистоту продукта. Помол гидравлического гипса, ввиду мягкости последнего, может производиться на примитивных мелющих устройствах (жернова). Количество потребной энергии на обжиг и помол относительно невелико.

Экономика. Данных о стоимости гидравлического гипса на предприятиях, работавших до 1917 г., в нашем распоряжении не имеется. Производство же гидравлического гипса в СССР до настоящего момента еще не организовано. Таким образом стоимость гидравлического гипса может быть исчислена лишь предположительно, в соответствии со стоимостью алебаstra и с учетом расхода топлива на обжиг и некоторого удорожания помола. Ориентировочно по данным проф. П. П. Будникова возможно считать стоимость гидравлического гипса около 14 руб. за 1 т (цемент в среднем 27 руб. за 1 т).¹ Одновременно с этим необходимо учитывать значительную экономию в топливе, по сравнению с различными видами цементов. Исходя из теоретического расхода топлива, имеем расход условного топлива примерно в 10% от веса готового продукта.

Применение. Гидравлический гипс может применяться для изготовления строительных и штукатурных растворов, для изготовления бетонных (неармированных и армированных) камней, гипсовых плит для перегородок (что имело место в Москве до войны, но не может считаться рациональным, так как более выгодно изготовление их из полугидратного гипса), набивных бесшовных полов и т. д. За границей весьма распространено применение гидравлического гипса именно для устройства полов. Поскольку гипсовые полы наравне с магнолитовыми могут сыграть известную роль в сокращении расхода лесоматериалов, останавливаемся на них несколько подробнее.

Набивные бесшовные полы. Устройство пола состоит из двух работ: изготовления подготовки и изготовления настила. Подготовка может быть гравийная или шлаковая; толщина ее 5—10 см. Поверх этого слоя насыпается небольшой слой песка, поверхность хорошо выравнивается, смачивается водой (чтобы не было высасывания воды из массы гипса) и сильно утрамбовывается. Деревянная подготовка не годится, так как дерево, впитывая влагу из раствора, будет ухудшать условия твердения и одновременно с этим нарушать целостность настила при короблении и усушке. Поэтому при необходимости применить деревянную подготовку нужно изолировать гипсовый настил от дерева толевой бумагой, а поверх нее — слоем сырого песка.

На приготовленную подготовку наносится тестообразный раствор гидравлического гипса и разравнивается. Толщина настила делается в 3—5 см, реже в 10 см. Примерно через сутки после настила раствор отвердеет настолько, что при надавливании пальцем остается лишь незначительный след. После этого пол подвергается уплотнению колотушкой (набивка). Уплотнение производится до уменьшения толщины до трех четвертей первоначальной; признаком достаточного уплотнения является выступление влаги на поверхность пола. После этого пол еще раз проравнивается ребром фугованной доски и затирается циклей. Через 8—12 дней пол настолько твердеет, что по нему уже можно ходить, однако желательно выдерживать настил еще дольше, до достижения большей прочности. Удаление избыточной влаги путем усиленного проветривания не рекомендуется. Пол по высыхании тщательно зачищается и олифится или же натирается восковой мастикой.

¹ При цене полугидратного гипса в 11—12 рублей за тонну.

НТБ
ДНУЖТ

В Германии набивные полы из гидравлического гипса применяются в качестве подготовки под линолеум, в служебных и хозяйственных помещениях и т. д.

Строительные растворы. Гидравлический гипс является материалом для приготовления строительных растворов, могущих заменить известковые, известково-цементные и известково-диатомовые растворы. Как уже указывалось выше, прочность гипсовых растворов почти не уступает цементным. В то же время твердение гипсовых растворов не связано с отсырением кладки, так как твердение его основано на присоединении кристаллизационной воды.

Ангидритовый цемент

Определение. Ангидритовым цементом называется продукт обжига природного двухводного гипса при температуре между $500\text{--}600^\circ\text{C}$ и последующего его перемола совместно с различными каталитическими добавками (наилучшим катализатором является $0,5\text{--}0,8\%$ бисульфат натрия (NaHSO_4) и $0,8\%$ медного купороса от веса цемента). Возможна замена бисульфата натрия и медного купороса $3\text{--}5\%$ доломита, обожженного при температуре $800\text{--}900^\circ$ (ангидрито-доломитовый цемент).

Взамен обожженного двухводного гипса может быть применен природный ангидрит (после тонкого перемола с соответствующими добавками).

Методы получения ангидритового цемента в лабораторном и заводском масштабе проработаны проф. П. П. Будниковым, при участии инж. В. М. Лежоева ¹.

Химизм производственного процесса. Химизм производственного процесса заключается в „оживлении“ нерастворимого ангидрита, получающегося при обжиге гипсового камня при температуре $400\text{--}800^\circ\text{C}$, т. е. в сообщении ему способности присоединять воду. Опытами проф. Будникова было установлено, что ряд химических веществ (бисульфат натрия, бисульфат калия, сернистый натрий, сернистый аммоний, хлористый аммоний, серная кислота, окись кальция, едкий натр и др.) в той или иной степени вызывают гидратацию нерастворимого ангидрита, причем самыми активными катализаторами являются кислый сернистый натрий — NaHSO_4 (бисульфат натрия) ² и медный купорос. Количество вводимого катализатора весьма незначительно и составляет всего от $0,5$ до $0,8\%$ от веса сернистого кальция.

Катализатор возможно вводить в цемент или при его помоле (предпочтительно) или же предварительно растворять в воде, которой затворяют цемент (приготовление раствора крепостью в $8,5^\circ$ Боме и разбавление необходимым количеством воды).

Свойства. Химический состав. Нежелательными примесями в составе ангидритового цемента являются сернистый кальций (CaS) и свободная окись кальция. Сернистый кальций обуславливает непостоянство объема цемента; что же касается окиси кальция, то последняя, по мере увеличения ее содержания, значительно снижает прочность цемента (при увеличении от 0 до 5% прочность снижается на 75%).

Удельный и объемный вес. Удельный вес ангидритового цемента составляет $2,45\text{--}2,55$. Объемный вес в рыхло насыпанном состоянии равен примерно $680\text{--}780\text{ кг/м}^3$ и в уплотненном — $1300\text{--}1450\text{ кг/м}^3$. Объемный вес отвердевшего раствора примерно равен 1500 кг/м^3 .

Тонкость помола. Тонкость помола цемента должна примерно соответствовать таковой же для портланд цемента. При этом остаток на сите с 900 отв/см^2 не должен превышать $1,0\text{--}1,5\%$ и на сите с 4900 отв/см^2 — $15\text{--}18\%$.

Твердение. Процесс твердения заключается в том, что нерастворимый ангидрит под влиянием катализаторов сначала гидратируется,

¹ Проф. П. П. Будников и инж. А. В. Лежоев. Ангидритовый цемент. Проф. П. П. Будников, Материалы к изучению гипса, изд. Академии наук, 1930 г.

² Бисульфат натрия является отбросом производства азотной кислоты из чилийской селитры или продуктом действия серной кислоты на поваренную соль.

а затем происходит перекристаллизация образовавшегося двуhydrата. Твердение ангидритового цемента объясняется способностью сернокислого кальция образовывать малоустойчивые двойные соли (в данном случае с бисульфатом натрия — $\text{NaHSO}_4 \cdot m\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). После распада двойной соли CaSO_4 освобождается и гидратируется, а катализатор выделяется на поверхность при твердении цемента, отчего происходит образование чрезвычайно неприятных выцветов. Последние не образуются, если в качестве катализатора применяется также и медный купорос.

Ангидритовый цемент гидратируется медленно, что свидетельствует о том, что гидратация происходит с поверхности (аналогия с портландцементом). Поэтому твердение проходит более благоприятно при нахождении раствора во влажной атмосфере.

Согласно указаниям П. П. Будникова, начало схватывания цементного раствора должно наступать не ранее 30 мин. от начала затворения, а конец — не позднее 6 час. Различие в сроке схватывания зависит от температуры обжига гипса, от чистоты гипса и от тонкости помола цемента.

Аналогично штукатурному гипсу схватывание сопровождается повышением температуры, правда менее значительным (всего 5—6°).

Равномерность изменения объема. Лепешки из ангидритового цемента должны выдерживать 2-часовую пробу в сушильном шкафу при 120°, не давая растрескивания или искривлений.

Гидравличность. Ангидритовый цемент не обладает гидравлическими свойствами и относится к категории воздушных вяжущих веществ.

Прочность. Согласно указаниям проф. П. П. Будникова прочность цемента при хранении образцов на воздухе не должна быть ниже цифр, приведенных в следующей таблице:

Т а б л и ц а 11

| Вид раствора | Временное сопротивление растяж. в кг/см^2 через | | | Временное сопротивление сжатию в кг/см^2 через | | |
|--------------|--|--------|---------|---|--------|---------|
| | 4 дня | 7 дней | 28 дней | 4 дня | 7 дней | 28 дней |
| 1:0 | 20 | 28 | 40 | — | — | — |
| 1:3 | 18 | 25 | 30 | 80 | 90 | 100 |

При проведении испытаний с лабораторно-изготовленным цементом достигалась значительно более высокая прочность, а именно: временное сопротивление сжатию раствора 1:0 через 28 дней — 600 кг/см^2 , раствора 1:3 — 170 кг/см^2 и растяжению раствора 1:0 — 62 кг/см^2 . Проф. П. П. Будников указывает, что возможные колебания прочности зависят от степени чистоты гипса, продолжительности и температуры обжига, тонкости помола цемента, концентрации катализатора и количества добавляемой при затворении воды.

При водном хранении образцов механическая прочность раствора снижается (влияние растворимости), но после 3—4-дневного хранения на воздухе вновь происходит повышение прочности.

Прочность цемента между 4 и 7 днями дает незначительное приращение и далее растет еще менее интенсивно.

Устойчивость против атмосферных влияний. Ангидритовый цемент, равно как и штукатурный гипс, растворим в воде и поэтому не может считаться вполне устойчивым против атмосферных

НТБ
ДНУЖТ

влияний. Но так как растворимость ангидритового цемента относительно невелика, то он не дает изменений в течение долгого времени (несколько лет) по затвердении и его практически можно считать нерастворимым.

Водонасыщение. Водонасыщение цемента составляет 1,5—2% по весу.

Цвет. Цвет цемента белый; цемент легко допускает окраску.

Морозостойкость. Раствор из ангидритового цемента выдерживает 10-кратное замораживание (-7°C) и оттаивание ($+20^{\circ}\text{C}$).

Гигроскопичность. Гигроскопичность ангидритового цемента

Огнестойкость. Проф. Будников указывает, что при нагревании цементных лепешек до $300-400^{\circ}$ и последующем опускании в воду последние не распадаются. Поведение ангидритового цемента при температуре пожара пока еще не выяснено.

Сцепление с железом. Сцепление ангидритового цемента (чистый раствор) с железом доходит на 7-й день до 37 кг/см^2 и на 28-й день — до 56 кг/см^2 ; то же — при растворе 1:3 — $19,4$ и $29,2 \text{ кг/см}^2$. Эти значения значительно превышают допускаемые напряжения.

Сцепление с деревом. Сцепление с деревом также вполне удовлетворительно. Поэтому штукатурка по дереву не требует предварительной набойки дранки.

Регенерация. Схватившийся цемент, будучи измельчен и вновь затворен водой, в отсутствие катализатора, снова твердеет. Проф. Будников достиг 5—6-кратного регенерирования ангидритового цемента, но после каждой регенерации прочность цемента значительно снижалась.

Производство ангидритового цемента. Технологическая схема производства ангидритового цемента примерно следующая; дробление гипсового камня до величины кусков около 20 мм, обжиг камня при температуре $500-700^{\circ}$, выдерживание для охлаждения (4—8 час.) дробление обожженного камня для облегчения последующего перемолота, помол гипса совместно с катализаторами и упаковка.

Обжиг гипса наиболее целесообразно вести в шахтных печах с выносными топками; в печах с пересыпным топливом неизбежно загрязнение цемента шлаками и золой. Расход условного топлива на обжиг составляет примерно 9—10% от веса готового продукта. Температура обжига не должна превышать 750°C , так как в противном случае будет иметь место образование свободной окиси кальция.

Помол производится на шаровых мельницах, а в случае их отсутствия возможно применение жерновов. Катализаторы (0,5—0,6% бисульфата натрия и 0,6—0,8% медного купороса) должны быть предварительно смешаны между собой в необходимой пропорции с добавкой к ним 10—20% ангидрита и перемолоты, например на бегунах.

Экономика. Стоимость ангидритового цемента при его заводском изготовлении пока не выяснена, в виду отсутствия в СССР соответствующего производства. По указанию проф. Будникова она не должна превышать 16—17 руб. за 1 т франко-завод, а при замене медного купороса смесью извести с железным купоросом 12—14 руб. за тону.

Применение. Ангидритовый цемент может быть применен в качестве вяжущего материала для приготовления строительных и штукатурных растворов, для изготовления различных бетонных камней, для изготовления фибролитовых плит, для изготовления набивных бесшовных полов (подобно эстрих-гипсу) и т. д.

В качестве заполнителей при изготовлении растворов и бетонов возможно применять как минеральные, так и органические материалы. Опытные работы установили пригодность дозировок для растворов (с песком); 1:1, 1:2, 1:3 и 1:4 и для бетонов (цемент, песок и щебень) 1:2:3¹.

При решении вопроса о сфере применения ангидритового цемента следует помнить, что он является воздушным вяжущим веществом и не может являться конкурентом различным видам гидравлических цемен-

¹ Временное сопротивление сжатию кубов $20 \times 20 \times 20 \text{ см}$ через месяц выразилось в $73,3 \text{ кг/см}^2$ и через 3 мес. — в 103 кг/см^2 .

тов, но в то же время является прекрасным вяжущим материалом для приготовления строительных растворов.

Перспективы развития производства. Как уже указывалось выше, ангидритовый цемент хотя и является воздушным веществом, все же имеет значительную сферу применения. Его преимуществом по сравнению с известью, гидравлической известью и романцементом является значительная прочность, а по сравнению с портланд-цементом — меньшая стоимость, меньшая затрата топлива при производстве и меньшие капиталовложения при строительстве производственных предприятий. Совокупность этих обстоятельств обязывает стремиться к постановке ряда производств по изготовлению ангидритового цемента.

Следует лишь заметить, что исходя из соображений транспортного порядка, целесообразно строить не крупные заводы, ориентируясь на использование возможно большего количества месторождений.

ЛЕГКИЕ ИЛИ „ТЕПЛЫЕ“ ЗАПОЛНИТЕЛИ.

Определение. Легкими или „теплыми“ заполнителями называются легкие пористые материалы минерального или органического происхождения, вводимые в состав растворов или бетонов с целью уменьшения объемного веса последних и улучшения их теплоизоляционных свойств.

Виды заполнителей. В качестве легких заполнителей минерального происхождения могут применяться: котельные шлаки, гранулированные доменные и прочие легкие металлургические шлаки, диатомовая щебенка, пемзовый щебень и песок, туфовая щебенка, мелочь ракушечника, зола от сжигания горючих сланцев и т. д. В качестве заполнителей органического происхождения: опилки, торф-сфагнум, одубина и т. д.

Свойства различных заполнителей неодинаковы. При оценке их следует считаться со следующими данными: наличием у них гидравлических свойств, объемным весом, механической прочностью, степенью замкнутости пор, характером наружной поверхности, возможным наличием примесей, гранулометрическим составом и стандартностью качеств.

Большинство минеральных легких заполнителей при измельчении до пылевидного состояния (мельче 0,15—0,2 мм) обладают гидравлическими свойствами. Исключением являются: ракушечник, известковые туфы, некоторые металлургические шлаки и т. д.

Из числа других свойств заполнителей наиболее важны следующие:

Величина объемного веса при прочих равных условиях является основным признаком для выбора того или иного заполнителя. Чем заполнитель легче, тем лучшими термическими свойствами будут обладать изготовленные на его основе бетоны и растворы.

Что касается характера наружной поверхности заполнителя, то следует заметить, что наличие на поверхностях заполнителя каверн приводит к увеличению расхода вяжущего; наоборот, отсутствие шероховатостей ухудшает сцепление инертного с раствором.

Значительный интерес представляет также гранулометрический состав заполнителя в естественной россыпи, так как неудачный зерновой состав всегда связан с повышением расхода вяжущего.

Совершенно естественно, что при выборе того или иного заполнителя необходимо в полной мере считаться с относительным постоянством свойств, присущих материалам из данного месторождения или отвала, что характеризует стандартность его качеств.

Работами научно-исследовательских лабораторий установлено, что наилучшими заполнителями являются: пемза, гранулированные доменные шлаки и котельные шлаки. Однако ограниченность и неудачное географическое размещение пемзовых месторождений не дают возможности рассматривать пемзу как основное сырье для промышленности новых строительных материалов.

Поэтому на первое место из числа заполнителей необходимо поставить шлаки.

По виду сжигаемого топлива шлаки могут быть каменноугольные, антрацитовые, курные, торфяные и мусоросжигательные. Торфяные шлаки, сильно различающиеся друг от друга, еще недостаточно изучены, хотя некоторые опыты их применения дали положительные результаты. В общем торфяные шлаки характеризуются присутствием значительного количества мелких песчанообразных частиц, часто имеющих остекленную гляцевитую поверхность и обладающих пониженным сцеплением с вяжущим. В связи с этим бетон на торфяных шлаках имеет меньшую прочность, чем на угольных. Лучшими являются шлаки, содержащие большое количество спекшихся, но не стекловидных частиц, причем наиболее благоприятные результаты получаются при смеси торфяного шлака с угольным¹.

Это обстоятельство, равно как и относительно незначительное количество котельных шлаков, выдвинули на первый план вопросы использования металлургических шлаков, а в случае возможности — и диатомовой (опочной) щебенки. Но перечисленными выше заполнителями промышленность легкобетонных камней и легких растворов все же не может быть полностью удовлетворена и поэтому нужно в каждом отдельном случае обследовать возможности применения различных местных заполнителей (ракушечник, туфы, кирпичный щебень и т. д.), одновременно в случае необходимости организуя производство искусственных заполнителей (керамзит, висмит).

Котельные шлаки

Определение. Котельными шлаками называются остатки от сжигания твердого минерального топлива в подвижных и стационарных топках. Выход шлаков при средней зольности топлива в 12% возможно принять в 7—9% от веса угля.

Наиболее желательны рыхлые шлаки, обладающие меньшей теплопроводностью; плотные стеклянстые шлаки могут использоваться лишь в качестве заполнителей для приготовления холодных растворов (бетонов)². Примесь таких шлаков к шлакам, употребляющимся для приготовления легких растворов (бетонов), не должна превышать 10%.

Свойства. Структура. Шлаки имеют ячеистую структуру, характеризующуюся наличием закрытых полостей (видимых только в разломе) и открытых пор. Количество закрытых полостей составляет по Кристенсену (Einar Christensen) от 8 до 16% общего объема. Общее количество пустот в шлаках, включая замкнутые полости, открытые поры и промежутки между отдельными частицами шлака достигает до 60% общего объема рыхло насыпанного материала.

Состав (физический). Главной составной частью шлаков, обуславливающей их механическую прочность, является так называемый клинкер, представляющий собой частицы, полностью или частично расплавленные в процессе сгорания топлива. Общее содержание клинкера может доходить до 60%. В зависимости от скорости охлаждения шлаков клинкер может быть плотным (медленное охлаждение) или более или менее пористым.

Помимо клинкера в состав шлака входят: зола, несгоревший уголь, кокс и различные примеси (механические и химические). Под золой понимаются расплавленные частицы шлака размером менее 0,3 мм. Количество золы доходит до 20%. Общее содержание несгоревшего угля и кокса может доходить до 40—50% (включая и ошлакованный уголь). Частицы

¹ Е. В. Костырко, Технические условия по производству шлакобетонных камней, Сообщение Института сооружений № 1.

² Также в ограниченном количестве, так как они обладают пониженной способностью сцепления с вяжущим веществом.

кокса более слабы, чем частицы угля, но тем не менее их присутствие более желательно, так как они обладают меньшим объемным весом и вследствие этого лучшими термическими свойствами.

Химический состав. Котельные шлаки состоят главным образом из кремнезема, полуторных окислов и щелочных соединений. Ниже приводим примерные составы каменноугольного и торфяных шлаков в весовых процентах.

Таблица 12
Химический состав шлаков

| Наименование шлаков | H ₂ O | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | Потеря при прокаливании |
|---------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------------|-------------------------|
| Котельный шлак № 1 | 1,34 | 34,47 | 22,51 | 12,37 | 4,32 | 0,48 | 1,48 | 24,27 |
| № 2 | 1,80 | 24,86 | 17,11 | 3,44 | 3,19 | 0,46 | 1,69 | 48,36 |
| № 3 | 1,22 | 27,77 | 15,86 | 37,49 | 1,29 | 0,32 | 4,83 | 12,90 |
| № 4 | 1,37 | 34,95 | 19, 2 | 10,39 | 3,80 | 0,38 | 1,95 | 28,25 |
| № 5 | 0,65 | 29,94 | 20,32 | 11,89 | 4,49 | 0,63 | 3,19 | 28,77 |
| № 6 | 2,19 | 34,90 | 18,58 | 2,78 | 4,24 | 0,59 | 2,87 | 34,99 |
| № 7 | 1,72 | 37,20 | 20,36 | 6,90 | 1,80 | 0,53 | 1,20 | 31,60 |
| Торфяной шлак | 1,72 | 29,72 | 18,96 | 10,56 | 2,89 | 0,42 | 2,09 | 34,55 |
| Подмоск. шлак | 3,01 | 39,82 | 29,69 | 8,76 | 3,43 | 0,44 | 2,20 | 16,16 |
| Торфяная зола | 6,43 | 43,58 | 9,91 | 3,73 | 3,54 | 0,34 | 1,20 | 37,39 |

Вес. Объемный вес угольных шлаков в воздушно-сухом и рыхлом состоянии колеблется в пределах 650—1100 кг/м³. Наиболее тяжелыми являются антрацитовые шлаки (жактовские). Объемный вес паровозных и стационарных шлаков обычно составляет 750—850 кг/м³. Объемный вес торфяных шлаков в рыхлом состоянии также колеблется в весьма значительных пределах—от 700—до 1000 кг/м³. При увлажнении шлаков происходит уменьшение их объемного веса, достигающее, при влажности в 12—15%, тридцати—тридцати трех процентов. При дальнейшем повышении влажности, объемный вес увеличивается.

Удельный вес каменноугольных шлаков близок к 2,5.

Влагоемкость. Шлаки характеризуются быстрым водонасыщением и медленной влагоотдачей. Так например, насыщение шлака водой в течение 10 мин. почти равно насыщению через 24 часа. Влагоемкость шлака достигает в пределе до 40% по весу (но обычно около 20%). При смачивании шлака происходит увеличение объема (фиг. 16), достигающее при смеси щебенки и мелочи 20—30% (влажность 12—15%).

Коэффициент теплопроводности Коэффициент теплопроводности сухой шлаковой засыпки при объемном весе в 700 кг/м³ равен 0,16.

Примеси к шлаку. В зависимости от сорта топлива и способа сжигания шлак может содержать значительное количество химических и механических примесей и может потребовать перед употреблением в дело специальной обработки или длительного вылеживания.

Несгоревший уголь. С теоретической точки зрения присутствие несгоревшего угля может отразиться: 1) на прочности шлакобетона, 2) его огнестойкости и 3) постоянстве объема.

Ослабление прочности бетона может быть объяснено, с одной стороны, меньшей собственной прочностью угля, чем клинкера, а с другой—неудовлетворительным сцеплением угля и вяжущего.

Что касается возможного уменьшения огнестойкости бетона, то ряд

американских опытов показал, что при плотном бетоне свободное горение не может иметь места. Резкое снижение огнестойкости наступает лишь при изготовлении пористого бетона, когда воздух имеет свободный доступ к частицам угля. При высоких температурах возможны конечно явления сухой перегонки угля, сопровождающиеся выделением дыма и газов. Но эти явления, если и будут иметь место, не отражаются и конце концов на возможности применения шлаков в качестве заполнителя. При этом следует иметь в виду, что при употреблении шлака большую часть несгоревшего угля составляют частицы кокса, не подвержающиеся сухой перегонке.

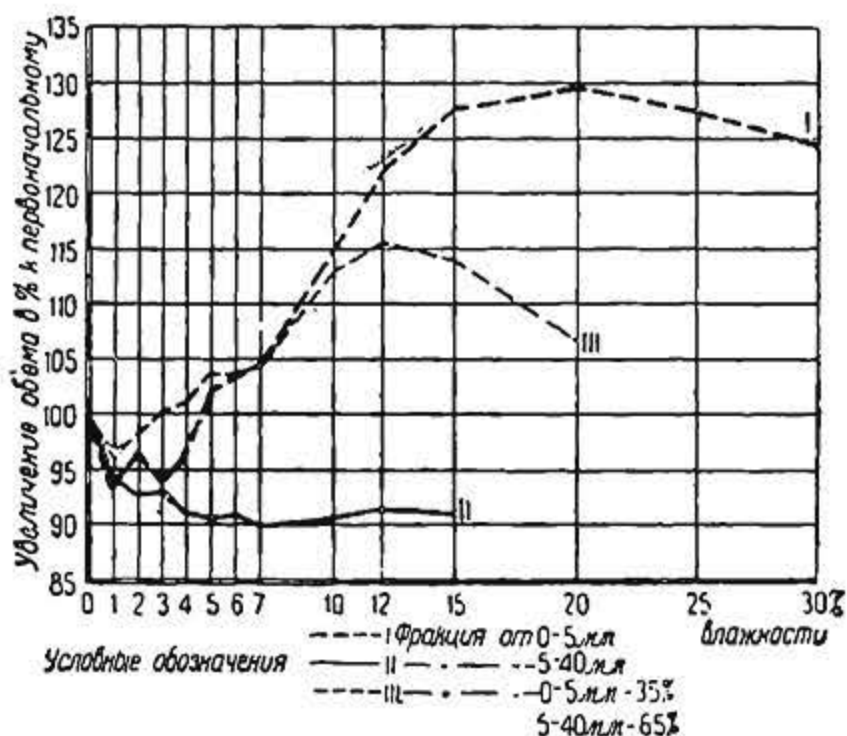
Значительно более опасно влияние несгоревшего угля на постоянство объема бетона. Несгоревший уголь, поглощая кислород и влагу воздуха, разбухает и вызывает местные расширения бетона. С увеличением коэффициента поглощения увеличивается и опасность вредного влияния угля.

Ли (Lea) предложен следующий метод для испытания постоянства объема бетона: изготавливается лепешка из 1 ч. вяжущего материала (равные весовые части цемента и штукатурного гипса) и 3 ч. мелко размолотого шлака, затворенных водой до пластичной консистенции. Лепешка выдерживается 3—4 часа во влажном воздухе, а затем погружается на 1—4 дня в воду, после чего вынимается и исследуется. Если уголь, содержащийся в шлаке, недоброкачествен или если он содержится в избыточном количестве, то образец становится рыхлым, появляются тонкие лучеобразные трещины, идущие от краев к середине, или вспучиваются края лепешки.

Работами ЦНИИПСа (автор, совместно с инж. Н. А. Поповым) показано, что содержание несгоревшего угля в антрацитовых шлаках до 30% и в паровозных шлаках до 20% не является угрожающим. При дальнейшем повышении содержания угля наблюдается резкое снижение прочности, в некоторых случаях объясняющееся непостоянством объема бетона, а в некоторых случаях пониженным сцеплением вяжущего с углем. Под несгоревшим углем понимается, при этом, уголь, могущий быть отобранным из шлака. Помимо этого в шлаках имеется ошлакованный уголь, определяемый потерей при прокаливании (15—20%), не могущий влиять на качество раствора или бетона.

Известь. Иногда в шлаках встречается свободная известь в виде кусков, гасящаяся при замачивании шлаков водой. Гашение извести сопровождается значительным увеличением объема, вызывающим появление трещин в бетоне (растворе).

Сернистые соединения. Сернистые соединения могут содержаться в шлаках или золе в виде сульфатов (вполне окисленной серы) или сульфитов (недоокисленная сера). Обычное содержание серы в каменноугольных шлаках составляет 1,5 - 2%, но может достигать до 5%. Вредное влияние сернистых соединений может проявляться в образовании ржавчины на металле, если шлаки применены как заполнитель железобе-



Фиг 16. Зависимость изменения объема шлака от содержания в нем влаги.

НТБ
ДНУЖТ

тона (см. „Применение“) или в образовании гипса, что связано с непостоянством в изменении объема цемента¹. Допустимая примесь серы в шлаках, не оказывающая вредного влияния на цементный бетон, пока еще точно не установлена.

Согласно указаний Государственного института сооружений содержание сульфатной (вполне окисленной) серы не должно превышать 0,4%; содержание недоокисленной (сульфитной) серы, еще более вредной, не должно быть более 0,02%.

При изготовлении растворов и камней на известково-пуццолановых цементах процентное содержание серы как окисленной, так и неокисленной не ограничивается указанными размерами, в виду отсутствия столь вредного влияния сернистых соединений на вяжущее вещество. Согласно инструкции ВОРСа содержание SO_3 может быть допущено до 4% по весу. Большее содержание серы недопустимо из санитарно-гигиенических соображений.

В целях устранения сернистых соединений, а также обезвреживания известковых включений желательно употреблять шлаки, вылежавшиеся в течение не менее 2-х месяцев. Вылеживание должно происходить на открытом воздухе небольшим слоем в штабелях или отвалах. В целях ускорения просушки шлака рекомендуется его перелопачивание. Употребление свежего неостывшего шлака недопустимо.

Включения серы особенно опасны в случае неравномерного распределения их в шлаке (даже при небольшом проценте содержания в более крупных кусках возможны гнездовидные включения серы).

В Америке принят следующий упрощенный способ химического опробования шлаков, позволяющий установить, нужно ли дальнейшее лабораторное испытание шлака: 5 кг шлака кипятится в дистиллированной воде и полученная водная вытяжка пробуетя красной и синей лакмусовой бумагой. Если цвет бумаги сильно изменится, особенно при пробе синей бумагой, то производство лабораторного анализа шлака является обязательным.

Размер зерен. Величина зерен шлака, применяющегося для приготовления легкого раствора, должна быть аналогичной песку, не более 3 мм. При употреблении шлака для изготовления пустотелых камней с тонкими стенками (например „Крестьянин“) величина кусков шлака не должна превышать 10—12 мм, пустотелых камней иных систем — 15—20 мм (Ауфбау) и сплошных камней — 40—50 мм. При возведении монолитных стен или изготовления блоков больших размеров теоретически возможно применение более крупных зерен шлака (максимальный предел — не более $\frac{1}{6}$ части наименьшего размера конструкции), но практически необходимо считаться с тем, что шлак размером свыше 50 мм обычно либо слишком тяжел, либо слишком хрупок, и употребление таких больших и малопрочных кусков может сильно ослабить бетон в стене. Помимо этого включения извести и серы наиболее часто встречаются именно в крупных частях шлака². Поэтому куски шлака, размером свыше 40—50 мм, подлежат измельчению, и если они столь же легки, как и мелкие части, то они могут быть использованы для приготовления легкого раствора (бетона). Если же они остеклованы и тяжелы, то они могут применяться лишь для холодного бетона.

Гранулометрический состав. Гранулометрический состав шлаков характеризуется нижеследующими данными ситового анализа (табл. 13).

Из табл. 13 видно, что котельные шлаки характеризуются большим

¹ При применении шлако-портланд-цемента опасность непостоянства объема значительно уменьшается.

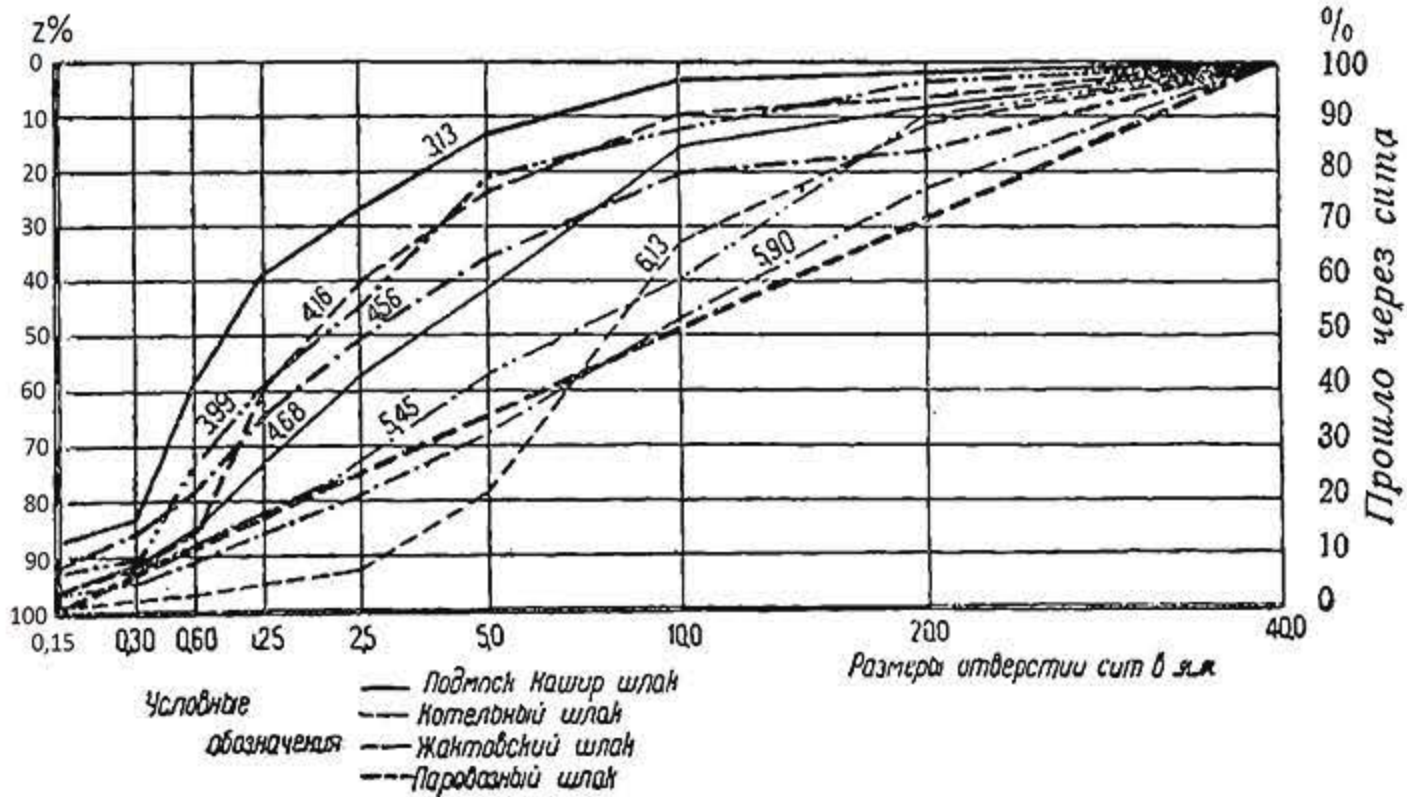
² Проф. Р. М. Михайлов и инж. Н. А. Попов, „Теплый бетон“, Центрожилсоюз М. 1931 г., ч. I, стр. 52

НТБ
ДНУЖТ

содержанием мелочи (мельче 5 мм), что отражается на прочности бетона, отощая его (мелкие частицы, заполняя пустоты между более крупными частицами шлака, приводят к увеличению общего содержания заполнителя при одном и том же количестве вяжущего).

Пределы колебаний гранулометрических составов паровозных, стационарных и жактовских шлаков, как это видно из графика 17, близки между собой (минимальные модули крупности — 4—4,5 и максимальные 5,5—6,0). Резко отличается гранулометрический состав подмосковных шлаков, характеризующихся чрезвычайным избытком мелочи.

Ввиду этого не следует применять котельные шлаки без предварительного подбора гранулометрического состава. Правильно подобранный гранулометрический состав заполнителей обеспечивает получение наиболее плотного бетона с наибольшей прочностью, при данном расходе вяжущего и данной работе уплотнения.



Фиг. 17. График колебаний гранулометрического состава различных видов топлив и шлаков.

Гранулометрический состав заполнителей может характеризоваться модулем крупности (сумма полных остатков на стандартном наборе сит, деленная на 100) или, что более надежно, сравнением гранулометрических составов так называемых „идеальных смесей“.

Гранулометрический состав последних характеризуется с помощью „идеальных кривых просеивания“. Эти кривые показывают, сколько зерен (по весу или по объему) различной крупности должно содержаться в смеси, чтобы расход вяжущего на эту смесь был бы наименьшим. Таким образом, идеальная кривая просеивания характеризует такую смесь заполнителей, количество пустот в которой и сумма поверхностей зерен которой находится в наивыгоднейшем соотношении. Существует ряд идеальных кривых просеивания, предложенных различными исследователями (Фуллер, Болмей, Абрамс-Беляев и т. д.).

В области легкого бетона обычно применяется оценка гранулометрического состава по кривой просеивания, предложенной трестом „Теплобетон“. Последняя представляет собой параболу, удовлетворяющую уравнению $y^2 = \frac{1}{D-0,15} \cdot (x-0,15)$, где D — есть предельная крупность зерен наполнителя, а x — размер отверстий сит в мм. Кривая строится в показанном (степенном) масштабе и при этом не имеет неудобств, присущих

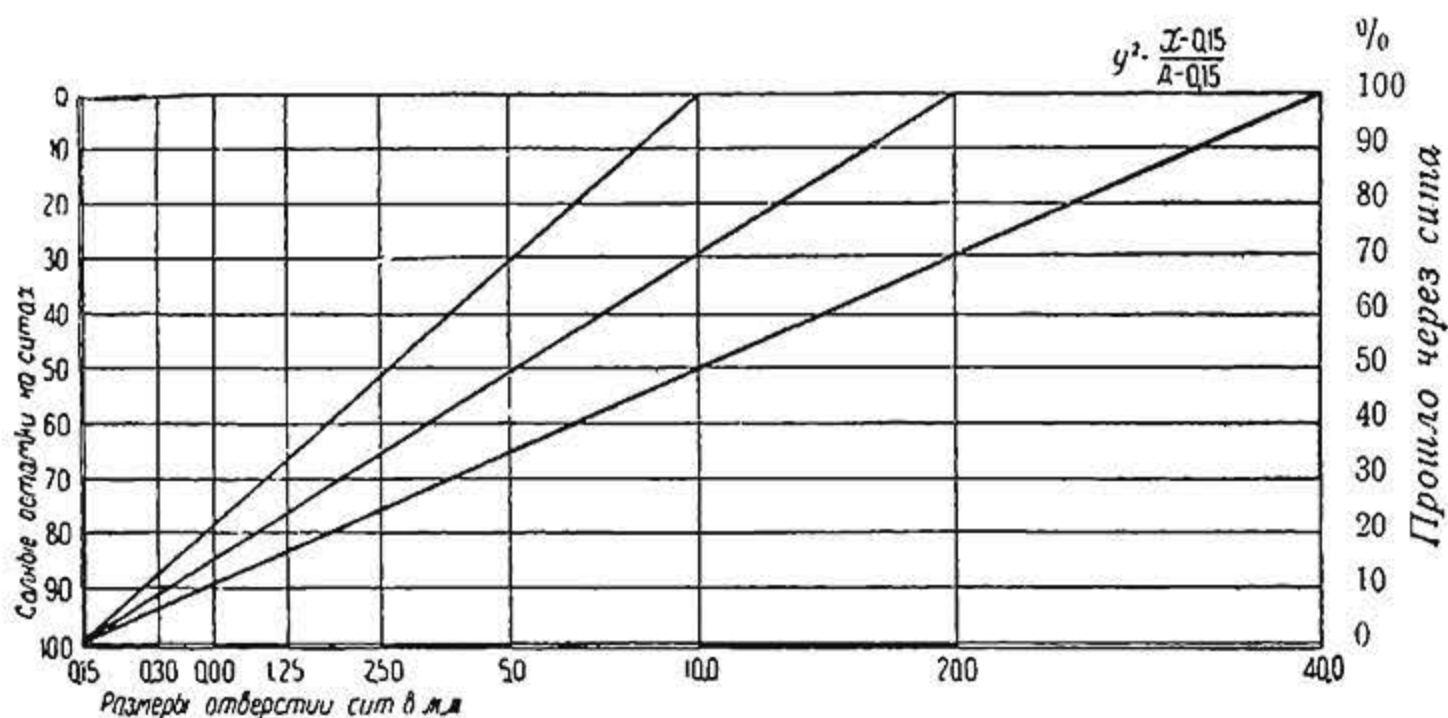
Таблица
Характеристики

| № по пор. | Наименование шлака (откуда прибыл) | Х а р а к т е р и с т и к и | | | |
|-----------|---------------------------------------|-----------------------------|---|---------------------|-----------------|
| | | Объемный вес шлака | Влажность в % на сухую навеску | Модуль крупности | Остатки в % |
| 1 | Котельный — Кашира | 0,790 | сух. | 4,12 | частн. полн. |
| 2 | Котельный — Т. Э. Ц. | 0,850 | 5,98 | 5,16 | частн. полн. |
| 3 | Котельный — Т. Э. Ц. | 1,070 | 2,41 | 6,35 | частн. полн. |
| 4 | Котельный — Т. Э. Ц. | 0,780 | 1,8 | 6,48 | частн. полн. |
| 5 | Котельный — Кашира | 0,767 | 0,89 | 5,68 | частн. полн. |
| 6 | Котельный — Мосстрой . | 0,916 | 2,33 | 7,13 | частн. полн. |
| 7 | Котельный (горячий) . | 0,650 | 1,38 | 5,99 | частн. полн. |
| 8 | Стационарный . | 0,794 | сух. | 6,45 | частн. полн. |
| 9 | Паровозный . | 0,858 | сух. | 5,50 | частн. полн. |
| 10 | Паровозный — Козлов | 0,719 | сух. | 4,99 | частн. полн. |
| 11 | Паровозный — станция Касторная . | 0,830 | 0,91 | 5,6 | частн. полн. |
| 12 | Паровозный — Брянск . . | 0,920 | 1,78 | 5,65 | частн. полн. |
| 13 | Жактовский — Москва | 1,039 | сух. | 6,15 | частн. полн. |
| 14 | Жактовский — Москва | 0,958 | 0,86 | 6,87 | частн. полн. |
| 15 | Жактовский — Москва | 0,990 | 0,42 | 5,50 | частн. полн. |

НТБ
ДНУЖТ

| г е р и с т и к а | | | | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Р а з м е р ы о т в е р с т и й с и т в м м | | | | | | | | |
| 20 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 | 0,6 | 0,3 | 0,15 | 0,0 |
| 1,78 1,78 | 3,29 5,07 | 9,08 14,15 | 13,96 28,11 | 11,77 39,88 | 15,00 55,78 | 24,76 80,54 | 5,81 86,35 | 13,65 100,0 |
| 6,6 6,6 | 3,2 9,8 | 14,3 24,1 | 17,2 41,3 | 18,2 59,5 | 25,2 84,7 | 8,4 93,1 | 4,2 97,3 | 2,6 99,9 |
| 28,6 28,6 | 7,2 35,8 | 17,5 53,3 | 14,6 67,9 | 9,3 77,2 | 9,0 86,2 | 5,3 91,5 | 3,4 94,9 | 4,5 99,4 |
| 16,5 16,5 | 16,5 33,0 | 23,0 56,0 | 15,0 71,0 | 12,2 83,2 | 8,9 92,1 | 5,4 97,5 | 1,9 99,4 | 0,4 99,8 |
| 8,6 8,6 | 7,0 15,6 | 25,2 40,8 | 17,2 58,0 | 14,9 72,9 | 11,8 84,7 | 7,6 92,3 | 3,3 95,6 | 4,3 99,9 |
| 13,4 13,4 | 23,8 37,2 | 42,2 79,4 | 14,1 93,5 | 2,0 95,5 | 1,9 97,4 | 0,8 98,2 | 0,7 98,9 | 0,9 99,8 |
| 11,01 11,01 | 13,38 24,39 | 23,48 47,87 | 15,67 63,54 | 13,42 76,96 | 9,82 86,78 | 5,34 92,12 | 3,94 96,06 | 3,95 100,0 |
| 12,51 12,51 | 28,32 40,83 | 15,09 55,92 | 18,46 74,38 | 9,15 83,53 | 5,86 89,39 | 2,56 91,95 | 4,58 96,53 | 3,47 100,0 |
| 6,24 6,24 | 16,91 23,15 | 11,48 34,63 | 20,81 55,44 | 13,76 69,20 | 11,25 80,45 | 4,9 85,35 | 10,10 95,45 | 4,55 100,0 |
| 4,43 4,43 | 8,74 13,17 | 8,52 21,69 | 22,66 44,35 | 14,08 58,43 | 15,11 73,54 | 17,23 90,77 | 2,31 93,08 | 6,92 100,0 |
| 9,6 9,6 | 6,0 15,6 | 19,3 34,9 | 18,9 53,8 | 14,5 68,3 | 16,1 84,4 | 10,4 94,8 | 3,6 98,4 | 1,6 100,0 |
| 13,4 13,4 | 4,5 17,9 | 19,3 37,02 | 19,6 56,8 | 14,3 71,1 | 12,2 83,3 | 7,8 91,1 | 3,4 94,5 | 5,6 100,0 |
| 6,85 6,85 | 23,64 30,49 | 16,00 46,49 | 24,80 71,29 | 8,69 79,98 | 8,25 88,23 | 6,64 94,87 | 1,47 96,34 | 3,66 100,00 |
| 25,35 25,35 | 21,78 47,13 | 21,19 68,32 | 10,78 79,10 | 6,02 85,12 | 5,95 91,07 | 3,35 94,42 | 2,23 96,65 | 3,35 100,0 |
| 16,5 16,5 | 4,5 21,0 | 16,5 37,5 | 14,8 52,3 | 11,8 64,1 | 13,8 77,9 | 9,4 87,3 | 5,7 93,0 | 7,0 100,0 |

построению кривой в одинаковом масштабе (главный недостаток — крутой уклон в области мелких зерен). При степенном масштабе параболические кривые превращаются, как это видно из фиг. 18, в прямые линии. Ординаты параболы, характеризующие собой количества зерен, прошедшие через сита данного размера, в процентном отношении к смеси откладываются от точки 0,15 и отношения первых степеней $\frac{x-0,15}{D-0,15}$ заменяются отношением квадратных корней из них. По оси абсцисс откладываются в каком-либо масштабе квадратные корни из размеров ячеек сит, уменьшенных на одну и ту же величину — 0,15. Рассев заполнителей производится на стандартном наборе сит с отверстиями ячеек в 0,15—0,30—0,60—1,25—2,5—5,0—10,0—20,0 и 40 мм.



Фиг. 18. Идеальные кривые просеивания греста "Теплобетон" для различных предельных крупностей шлака.

Рассев и дозировка фракций заполнителей легких бетонов производится не по весу, а по объему. Это объясняется тем, что и объемные веса и физические свойства различных фракций легких заполнителей различны, между тем как взаимное количественное соотношение зерен различных размеров должно быть согласовано, вне зависимости от их объемного веса. Лишь в этом случае получается постоянство гранулометрии, т. е. постоянство объема пустот и суммы поверхностей в смеси.

Поясним построение идеальной кривой просеивания греста "Теплобетон": размеры сит откладываются по оси абсцисс, согласно значений $\sqrt{x-0,15}$. Если обозначить отрезки абсцисс, соответствующих ситам различных размеров через z , то z для различных сит будет равняться:

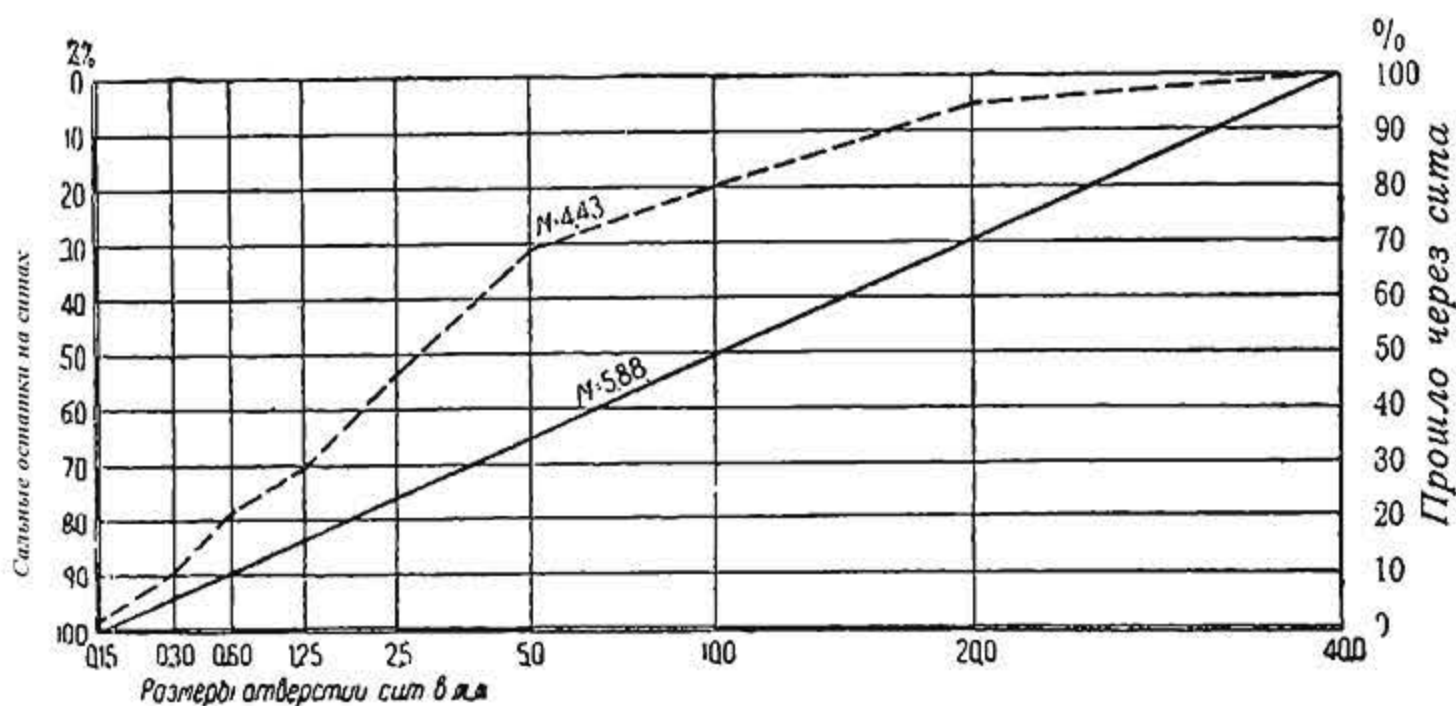
| | |
|--|--|
| для сита с величиной отверстий в 0,15 мм | $\cdot z_1 = \sqrt{0,15 - 0,15} = 0$ |
| " 0,30 " | $\cdot z_2 = \sqrt{0,30 - 0,15} = 0,387$ |
| " 0,60 " | $\cdot z_3 = \sqrt{0,60 - 0,15} = 0,67$ |
| " 1,25 " | $\cdot z_4 = \sqrt{1,25 - 0,15} = 1,05$ |
| " 2,5 " | $\cdot z_5 = \sqrt{2,5 - 0,15} = 1,53$ |
| " 5,0 " | $\cdot z_6 = \sqrt{5,0 - 0,15} = 2,2$ |
| " 10,0 " | $\cdot z_7 = \sqrt{10,0 - 0,15} = 3,14$ |
| " 20,0 " | $\cdot z_8 = \sqrt{20,0 - 0,15} = 4,45$ |
| " 40,0 " | $\cdot z_9 = \sqrt{40,0 - 0,15} = 6,31$ |

Отрезки ординат, соответствующие различной степени просева через перечисленные сита, вычисляются по уравнению $y = \frac{z}{D-0,15} \%$. Таким образом, величина y зависит от различной предельной крупности зерен. Выражение $\sqrt{D-0,15}$ равно, при предельной крупности в 10, 15, 20 и 40 мм, соответственно 3,14, 3,60, 4,45 и 6,31. Допустим, что строится кривая для предельной крупности в 40 мм. Тогда

| | | |
|---|------------|------------|
| $y_1 = \frac{0}{6,31} = 0\%$ | $y_6 =$ | $= 34,8\%$ |
| $y_2 = \frac{0,3 \cdot 87}{6,31} = 6,1\%$ | $y_7 =$ | $= 49,7\%$ |
| $y_3 = \frac{0,67}{6,31} = 10,7\%$ | $y_8 =$ | $= 70,5\%$ |
| $y_4 =$ | $y_9 =$ | $= 100\%$ |
| $y_5 =$ | $= 16,6\%$ | |
| $= 24,2\%$ | | |

Соответствующие значения y при иных предельных крупностях находятся аналогичным путем.

Для удобства построения графика просеивания на миллиметровой клетчатке z увеличивается. При увеличении вдвое $z_2 = 0,78$ см, $z_3 = 1,34$ см



Фиг. 19. График просеивания паровозного шлака.

и т. д., при увеличении вчетверо $z_2 = 1,55$, $z_3 = 2,68$ и т. д. В первом случае ось ординат обычно принимается равной 5 см, и во втором случае — 10 см и делится на 10 равных отрезков (по 10% каждый).

Однако удобной особенностью кривой „Теплобетона“ является то обстоятельство, что параболические кривые для всех предельных крупностей зерен, благодаря применению степенного масштаба, получаются на данном графике в виде прямых. Поэтому построение кривых просеивания для любого предельного размера D сводится к проведению прямой. Когда на оси абсцисс отложены указанные выше величины $z = \sqrt{x-0,15}$ и под ними подписаны соответствующие величины диаметров сит x , ось ординат делится в том или ином масштабе на 100 частей (100%) и построение графика для любого D на этом заканчивается. Для получения соответствующей заданному D идеальной кривой просеивания нужно лишь провести прямую через начало координат и через точку, соответствующую полному просеву через сито, с отверстиями, равными D .

НТБ
ДНУЖТ

Отрезки соответствующих ординат между осью абсцисс и кривой просеивания (прямой) дадут количество просева через данное сито x (правый вертикальный масштаб). Дополнения же этих ординат до 100% дадут полные остатки на этих ситах (левый вертикальный масштаб).

Если желательно сравнить гранулометрический состав смеси, имеющей на наибольшем сите D остаток в 5—6%, то прямую, выражающую идеальный для данного случая состав, проводят через начало координат и через точку графика, имеющую абсциссу D и ординату равную 94—95% просева.

При подборе гранулометрического состава должен производиться рассев заполнителей на фракции и нанесение полученных результатов на график с заранее нанесенной на него идеальной кривой просеивания. Пылевидная часть (от 0 до 0,15 мм) прибавляется к остатку на сите с отверстиями в 0,15 мм и, следовательно, действительная кривая просеивания пойдет не из начала координат, так как начальная ее точка будет находиться на



Фиг. 20. Грохочение шлака на ручном трясуе.

оси ординат (фиг. 19). Отклонение действительной смеси от идеальной кривой просеивания возможно исправить путем рассева заполнителя на фракции и последующего смешения фракций в соотношениях, требуемых для приближения к идеальной кривой. Но при этом необходимо иметь в виду, что в производственных условиях затруднительны рассев и смешение более чем двух фракций и поэтому достаточно ограничиваться рассевом на 2 фракции: мельче и крупнее 5 мм.

Прогрохотка шлака может вестись через обыкновенные грохота, на вибрирующих ситах-трясунах (фиг. 20) и в ситовых барабанах (только лишь при сухом шлаке, так как при сыром шлаке залепаются отверстия барабана).

Выход шлака при расसेве на две фракции составляет примерно 110—112% от первоначального объема.

Подбор гранулометрического состава по выходу смеси основан на том, что при смешении двух и более фракций заполнителей происходит уплотнение смеси и суммарный объем смеси после смешения фракций уменьшается по сравнению с суммой объемов фракций до смешения. Опыт показал, что минимальный выход смеси зависит от количества смешиваемых фракций (2,3 и больше) и колеблется в производственных условиях в пределах от 83 до 85%. Минимум соответствует наиболее плотному составу смеси и наибольшей механической прочности бетона при всех прочих условиях. Увеличение выхода (избыток или недостаток мелочи) приводит к понижению прочности, вследствие уменьшения толщины слоя вяжущего клея, обволакивающего зерна заполнителей.

Возможен также подбор состава заполнителей из зерен однородной величины (например 5—10 мм и 10—20 мм), в результате чего получается неплотный бетон, обладающий пониженным объемным весом и пониженным коэффициентом теплопроводности¹.

Таким образом, применение такого бетона возможно лишь в ненесущих конструкциях, как теплоизоляционного материала.

Предварительная подготовка шлаков. Предварительная подготовка шлаков заключается в их дроблении и в корректировании гранулометрического

¹ См. подробно „Теплый бетон“ Инж. И. Г. Александрия и Б. Г. Скрамтаев.

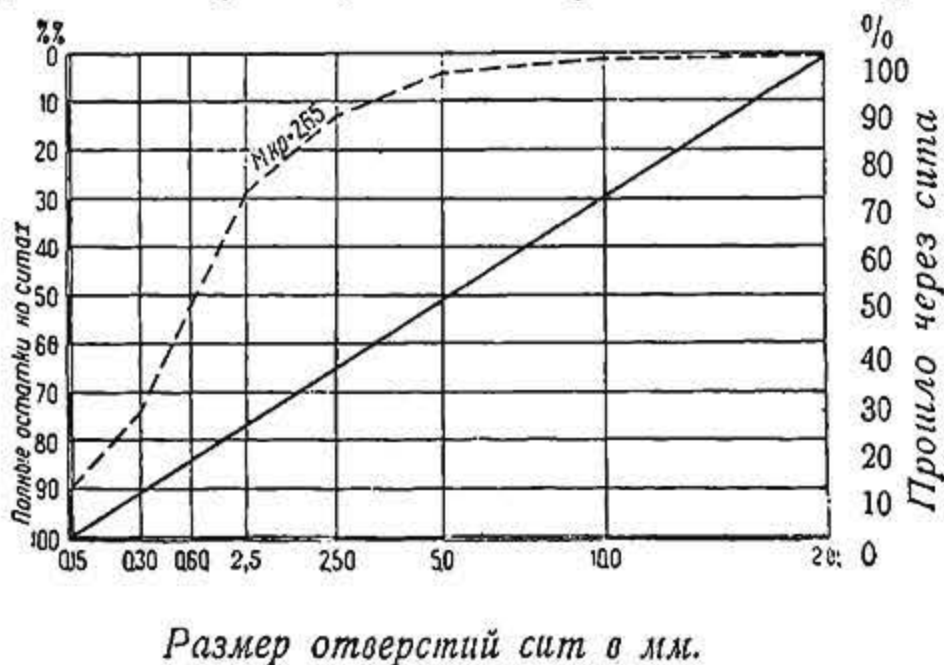
состава шлаков, что имеет место при применении их для легких растворов, так и для легких бетонов.

При применении шлака для изготовления бетона, дробление его может и не понадобиться, так как котельный шлак бывает обычно достаточно мелок. Но все же целесообразно предвидеть, что до 30% шлака придется после прогрохотки подвергнуть дроблению. Дробление может производиться на фалевках, челюстных, молотковых или вальцовых дробилках.

При применении котельного шлака для изготовления легких растворов существует два способа его предварительной обработки:

1. Двукратное просеивание шлака через 3-миллиметровые сита с использованием остатков на сите для изготовления легких бетонов или для целей термоизоляции. При этом для изготовления раствора может быть использовано до 30% шлака. При обработке шлака на месте строительства, где затруднительно использовать получающийся остаток для изготовления камней, надлежит вести подготовку шлака по второму способу.

2. Шлак просеивается через сито с отверстиями в 3 мм, а остаток на сите пропускается через шлакодробилку и вновь просеивается. Второй остаток на сите должен быть вновь пропущен через шлакодробилку и просеян. Просеянный шлак присоединяется к ранее просеянному материалу, а остаток на сите отбрасывается и не должен употребляться для приготовления легкого раствора (бетона).



Фиг. 21. График просеивания котельного шлака, раздробленного на дробилке „Клеро“.

Раствор, изготовляемый из шлакового песка, полученного путем отсева из недробленного шлака,

имеет значительно меньшую прочность, чем раствор, изготовленный на отсеве шлака, предварительно пропущенного через дробилку. Это объясняется запыленностью шлака. Поэтому целесообразно перед приготовлением раствора производить смешение дробленого и сеяного шлака.

Готовый шлаковый песок во избежание запыления и загрязнения следует хранить над навесом.

При дроблении шлака на фалевках он имеет после дробления (3 оборота фалевки) примерно следующий состав: 15—20% пыли, 50—55% песка и 30—35% горошка свыше 5 мм. Последнюю фракцию необходимо вновь пропускать через машину, что чрезвычайно снижает и без того недостаточную производительность фалевки.

Помимо недостаточной производительности фалевок, им присущи еще следующие существенные недостатки: 1) затруднительность демонтажа и монтажа фалевок при их перемещении с одной работы на другую, 2) возможность отброса шлаков из-под бегунов и ранение им обслуживающего персонала и 3) быстрый износ бегунов и основания.

Исходя из этих соображений, более целесообразно применение для дробления шлака специальных шлакодробилок, например молотковых дробилок системы Клеро.

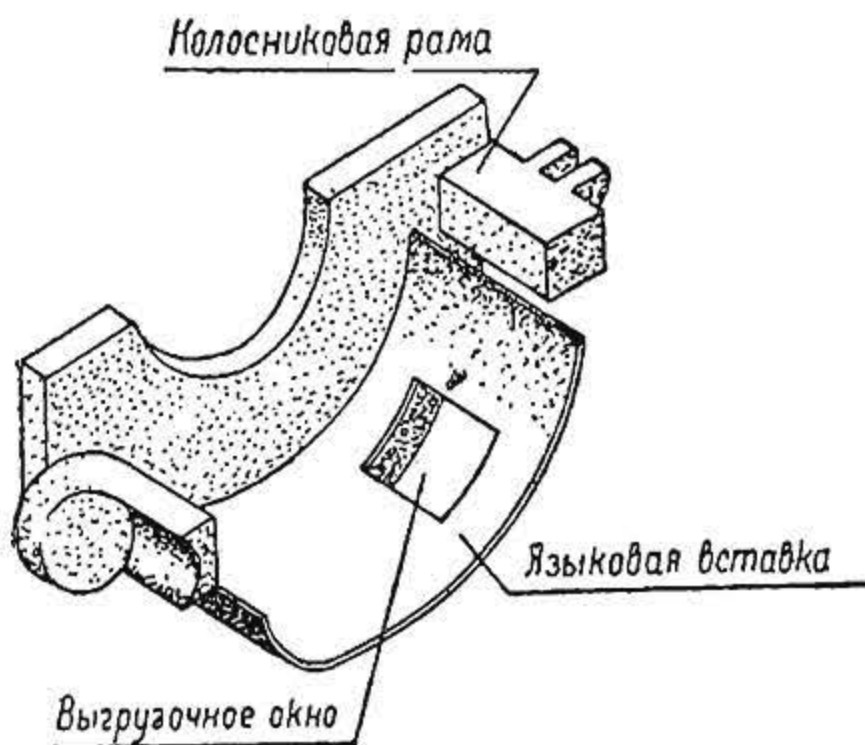
При дроблении шлака на песок для легких растворов, дробление может происходить при полном наборе колосников и полном количестве молотков.

НТБ
ДНУЖТ

При этом, как видно из графика 21, тонкость дробления шлака может быть такова, что не потребуется повторного пропуска его через дробилку.

Но в большинстве случаев удаление колосников является необходимым, с одной стороны, вследствие того, что обычно влажный материал при дроблении спрессовывается, забивает колосники и приостанавливает работу дробилки, а с другой стороны — потому, что часто содержащиеся в шлаке запеченные куски железа разбивают колосники и также выводят дробилку из строя.

Производительность дробилки составляет около 10 м^3 песка за смену и зависит от равномерности подачи, влажности шлака, присутствия в шлаке кусков железа и износа молотков. При удалении из дробилки колосниковой решетки производительность дробилки значительно увеличивается, но тонкость дробления недостаточна (крупнее 3 мм до 70%), так как



Фиг. 22. Реконструированная колосниковая решетка дробилки „Клеро“ при дроблении шлака.

шлак проходит чугунные плиты только один раз. Удаление колосниковых решеток целесообразно также и потому, что содержащиеся в шлаке куски железа разбивают колосники и разрушают броневые плиты. Молотки снашиваются весьма быстро, и их следует через четыре дня работы переворачивать, а через каждые восемь дней работы заменять новыми. По мере износа молотков тонкость помола сильно снижается. Для улучшения качества дробления необходимо или загружать шлак для повторного дробления или же реконструировать дробилку. При повторном дроблении следует к первоначально раздробленному шлаку добавлять крупные куски недробленого шлака, перекрывающие зазоры между молотками и броневыми плитами и уменьшающие количество мелочи, проскакивающей через эти зазоры без дробления. Выход шлакового песка составляет при этом также около 10 м^3 в смену.

Б. Е. Пфулем предложено заменять колосниковую решетку вставкой из котельного железа (фиг. 22), имеющей отверстие для выгрузки шлака¹. При наличии такой вставки уменьшается выход шлака и последний подвергается повторному дроблению. Куски железа прижимаются к стенкам дробилки и выбрасываются наружу через загрузочное отверстие.

Перед дроблением шлак желательно предварительно просеивать и просушивать под навесами. При просеивании шлака он не только освобождается от мелких частиц, но и быстрее просыхает. Сырой же шлак, как уже указывалось выше, сильно снижает производительность дробилки.

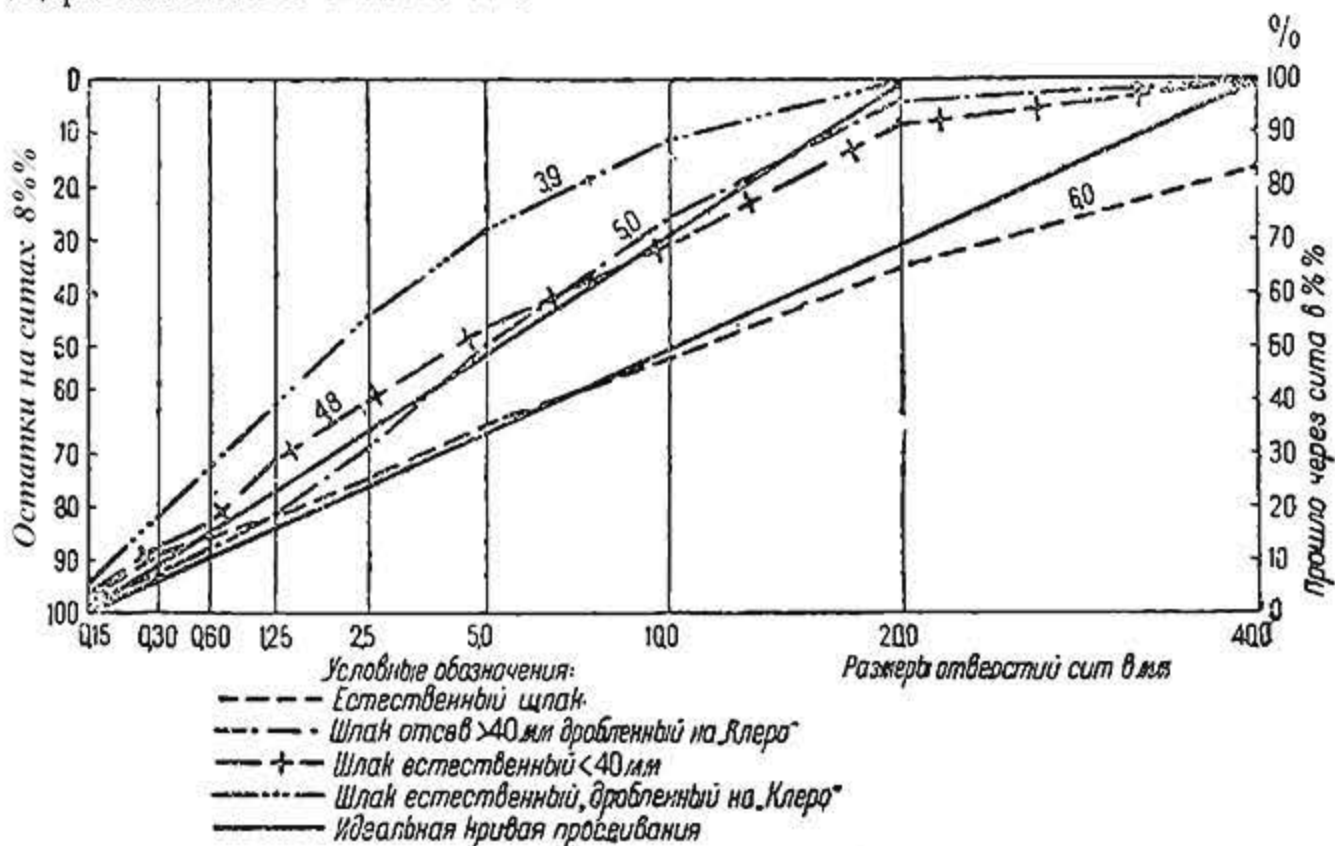
При дроблении шлака, как заполнителя легкого бетона, необходимо вынимать колосники, уменьшать количество молотков и количество оборотов дробилки, и предварительно отсеивать мелочь. При несоблюдении этих указаний, шлак измельчается не до крупности щебня, а до крупности песка. Из графика 23 видно, что при уменьшении количества молотков до двух, снижения количества оборотов до $600-800$ в минуту и предва-

¹ „Строитель“ № 5 за 1932 г., стр. 20.

НТБ
ДНУЖТ

рительном отсеке мелочи, возможно получить шлак, предельной крупностью в 20 мм, соответствующий идеальной кривой просеивания.

Что же касается промывки шлаков, то последняя является нецелесообразной, так как работами ЦНИИПСа установлено значительное снижение прочности растворов и бетонов, в случае промывки шлаков. Это возможно объяснить тем, что промывка удаляет зольные пылевидные частицы шлаков, способствующие микроуплотнению бетона и, помимо этого, обладающие гидравлическими свойствами.



Фиг. 23. График просеивания котельного шлака, дробленого на дробилке „Клеро“.

Экономика. Стоимость шлаковой щебенки и шлакового песка может колебаться в значительных пределах, в зависимости от дальности доставки шлака и стоимости дробления. Предельная дальность железнодорожных перевозок шлака вряд ли может превышать (из экономических соображений) 200 км.

Стоимость дробления ориентировочно можно привязать в 3 р. 30 к.—5 руб. за 1 м³.

Необходимо заметить, что в связи с весьма большим потреблением шлака для изготовления легких растворов и бетонов, каковое будет сильно увеличиваться с каждым годом, следует по возможности централизовать обработку шлаков. Централизация обработки шлаков не только значительно снизит транспортные расходы (отсутствие перевозки шлаков, не могущих быть использованными) и позволит более рационально производить дробление шлака, используя более мощные машины, но и даст возможность доставлять на строительство шлаковый песок и шлаковую щебенку заранее подобранного гранулометрического состава.

Применение. Как видно из изложенного, котельные шлаки могут применяться как заполнители при изготовлении легких растворов и бетонов. Помимо этого возможно применение шлаков для засыпки пустотных стен различных систем. Применение котельных шлаков для железобетона также возможно, при условии изготовления плотного бетона.

Гранулированные доменные шлаки²

Определение и способ получения—см. стр. 47 и 49.

Свойства. Химический состав, гидравлические свойства и т. п.—см. стр. 48 и 49.

¹ По данным Б. Е. Пфуля („Строитель“ № 4 за 1932 г., стр. 54) стоимость дробления на фальевках составляет 5 р. 67 к. за 1 м³ песка. Стоимость же шлака франко-отвал составляет, по данным Всепромутилизации, от 1 р. 20 к. до 1 р. 50 к. за 1 т.

² См. подробно—Проф. Р. М. Михайлов и инж. Н. А. Попов, Минеральные заполнители легких бетонов, Сер. „Легкие бетоны“ вып. I, ВОРС, 1932 г.

НТБ
ДНУЖТ

Объемный вес гранулированных шлаков колеблется в широких пределах, в зависимости от содержания извести и тяжелых окислов, от 400 до 1600 кг/м³. Объемный вес термозита в кусках в рыхлом состоянии составляет 400—1100 кг/м³. Вес гранулированных шлаков, применяемых для приготовления легких растворов (бетонов), не должен превышать при нормальной (10—20%) влажности 600—700 кг/м³.

Удельный вес гранулированных основных шлаков примерно равен 2,5—2,7.

Пористость легких шлаков равняется, примерно, 32—36%, а пустотность шлаковой смеси 35—50%. Таким образом общая пористость шлаковой россыпи составляет 65—80%.

Коэффициент теплопроводности гранулированных основных шлаков, в соответствии с их высокой пористостью, незначителен и в сухой россыпи колеблется от 0,10 до 0,16.

Цвет шлаков может быть желтый, светлосерый, белый, бурый и красноватый. Шлаки черного и темнозеленого цвета, получающиеся при расстройстве доменного процесса и содержащие в себе железо и закись железа, не должны применяться, так как они могут вызвать непостоянство объема.

Примеси. В гранулированных шлаках могут оказаться вредные химические (сернистые) и механические примеси (глина, сор, грязь и т. п.). Содержание сернистых соединений в свежих гранулированных шлаках обычно составляет от 2,0 до 6%, но может быть значительно снижено при вылеживании и выветривании шлака. При употреблении шлака в дело содержание серы в различных соединениях не должно превышать примерно 1,5—2%.

Содержание механических примесей не должно превышать 3% по объему. Во всяком случае в шлаке не должно быть примеси чугуна и скраба. Пена в кусках допускается лишь при применении бетона для неотчетственных сооружений.

Размер зерен шлака. Величина зерен гранулированного шлака доходит до 40 мм. Количество зерен размером свыше 6 мм обычно незначительно и лишь в случае неудовлетворительной грануляции может доходить до 15—17%.

Предварительная обработка шлака. Свежие гранулированные основные шлаки обычно недостаточно прочны. Со временем они слеживаются, т. е. зерна шлака при лежании крепнут и сцепляются друг с другом, при этом помимо упрочнения шлака происходит выщелачивание сернистых соединений и выделение сероводорода. Поэтому желательно выдерживать шлак на открытом воздухе до употребления в дело в течение около 3 мес. Если с заводов на место строительства получается недостаточно выдержанный шлак, целесообразно выложить его невысоким слоем на открытом воздухе и периодически увлажнять.

При употреблении шлаков в дело необходимо производить рассев и дробление крупных частиц, если они по своему химическому составу пригодны. В массе гранулированного шлака всегда имеются комья слежавшегося шлака, подлежащие разрыхлению перед употреблением в дело. Весьма благоприятно сказывается на качестве растворов механическое тонкое измельчение шлаков, способствующее переходу их в активное состояние (приобретение гидравлических свойств).

Применение. Гранулированные доменные шлаки применяются в качестве заполнителей при изготовлении легких растворов, бетонов и железобетонов, а также в качестве самостоятельных вяжущих (после размола) или гидравлической добавки.

Применение гранулированных шлаков в качестве заполнителей для железобетона вызывает ряд возражений, основывающихся на возможном повреждении железа в железо-шлакобетонных конструкциях серой.

Однако многочисленные наблюдения над шлакобетонными конструкциями¹ позволяют сделать выводы, что:

1. Сера, содержащаяся в гранулированных шлаках, влияния на арматуру не оказывает. В тех местах, где нет периодического смачивания конструкций водой, — ржавчина арматуры не появляется.

2. Разрушение железо-шлакобетонных конструкций происходит не от разрушения шлака, а от разрушения железной арматуры при действии на нее воды, проходящей через поры или трещины бетона. Поэтому изделия из шлакобетона с железной арматурой нужно предохранять от проникновения воды плотной, тщательно сделанной оштукатуркой, а самую арматуру следует покрывать перед укладкой слоем жидкого цемента.

Пемза

Определение. Пемзой называется разновидность обсидиана или вулканического стекла, представляющая собой рыхлый, легкий продукт выброса вулканов и отличающаяся мелкопористым, губчатым строением с односторонним развитием пор, придающим ей иногда характерное струйчатое и даже нитчатое строение.

Пемза известна как строительный материал с глубокой древности. Многие весьма старинные здания из пемзы существуют до сих пор, что свидетельствует о ее высоких качествах как строительного материала.

Пемза встречается в природе не в виде больших сплошных горных массивов, а залегает в виде отдельных камней округлых форм различной величины, достигающих 30—40 см. Пемзовые камни обычно окружены толщами вулканического пепла, представляющего собой пылеобразные или более или менее измельченные остроугольные зерна изверженного вещества того же цвета, что и пемза, и близкого к ней по своему составу.

В пределах СССР пемза имеется в Армянской ССР и на Северном Кавказе (вблизи Налчика).

Наибольшее промышленное значение имеет армянская пемза; что же касается северокавказской пемзы, то последняя представляет собой преимущественные залегающие вулканического пепла, с небольшими пластами кусковой пемзы.

Месторождения также представляют значительный интерес, поскольку в последнее время выявилась возможность достаточно широкого применения и вулканического пепла в качестве пуццолановой добавки к портландцементу и известковым растворам.

Размер зерен. По крупности кусков пемза подразделяется на крупнокусковую, когда размеры кусков достигают 0,5 м³, имея в среднем размеры 30 × 30 × 30 см (высший сорт), среднекусковую с кусками размером в 10—15 см (первый и второй сорта), мелкокусковую — от 5 до 7 см, пемзовый орешек — крупный от 3 до 5 см, средний от 1 до 3 мм и мелкий от 0,5 до 1 см и пемзовые пески разной крупности зерен.

При употреблении пемзы в качестве заполнителя для бетона размер кусков, дробленых или недробленых, может варьировать в пределах и 65 мм.

Засоренность пемзы посторонними примесями. Пемза, применяемая в качестве строительного щебня, разделяется по чистоте на три категории. В первой категории допускается 3% посторонних примесей (по весу), во второй — 5% и в третьей — 10%.

Свойства пемзы. Химический состав. Химический состав наших пемз более или менее однороден. Так содержание SiO₂ колеблется от 66

¹Строит. промышл.* № 5, 1930 г. „Значение серы в доменных гранулированных шлаках“. Инж. И. Мирошниченко „Beton aus Hochofenschlacken“, von pr. Kleinlogel, Verlag, 1918.

до 73%, Al_2O_3 — от 11 до 15%, Fe_2O_3 от 0,32 до 5,0%, CaO — от 0,57 до 8,50%, MgO от 0,10 до 1,50% и щелочей от 8 до 16,00%.

Удельный и объемный вес. Удельный вес пемзы составляет около 2,5; объемный же ее вес колеблется в зависимости от степени пористости в широких пределах.

Так например, объемный вес армянских пемз в россыпи колеблется в пределах от 0,30 до 0,60 и северокавказских — от 0,60 до 0,80. При употреблении пемзы в качестве крупного заполнителя для приготовления бетона (пемзовый щебень) объемный вес после просушки до постоянного веса не должен превышать при наиболее чистой пемзе (первая категория по засоренности) 400 кг/м^3 , при второй категории — 500 кг/м^3 и при третьей категории — 600 кг/м^3 .

Пористость. Истинная пористость пемзы, включая открытые и закрытые поры, составляет: армянских пемз — от 78 до 88% и северокавказских — от 68 до 73%¹. Кажущаяся пористость, определяемая водонасыщением и характеризующая лишь количество открытых пор, равняется 65—85% (по весу) и 35—55% (по объему).

Прочность. Прочность пемзы зависит от прочности составляющего ее вещества и от ее структуры. Временное сопротивление сжатию естественных кусков пемзы, обработанных в виде кубиков, колеблется в пределах от 12 до 57 кг/см^2 .

Гидравличность. Пемзовая пыль, равно как и вулканический пепел, обладает, при достаточно тонком измельчении, ярко выраженными гидравлическими свойствами.

Применение. Пемза может применяться в строительстве в качестве легкого заполнителя при изготовлении легких растворов и легких бетонов (пемзовый песок и щебень), а в пылевидном состоянии (равно как и вулканический пепел), в качестве гидравлической добавки.

Щебень диатомовый, трепельный и опочный

Определение. Так называются искусственно измельченные диатомовые земли, применяемые как заполнитель для легких бетонов (основные сведения о диатоме см. стр. 27).

Щебень диатомовый и трепельный может применяться лишь относительно редко, так как большинство залежей дают продукт значительной твердости (рухляки), легко размокающий и рассыпающийся в воде. Щебенка из опоки, обладает значительной твердостью и ряд сортов ее в воде не размокает.

Свойства. Объемный вес. При изготовлении сплошных камней стандартного размера во 2-м климатическом поясе, объемный вес щебенки не должен превышать $700—750 \text{ кг/м}^3$. Объемный вес опочной щебенки обычно составляет $900—950 \text{ кг/м}^3$, в связи с чем в ряде случаев необходимо переходить на изготовление пустотелых камней.

Гидравличность. При дроблении опоки получается значительное количество пылевидных частиц, обладающих сильными гидравлическими свойствами. Это обстоятельство необходимо учитывать при назначении состава растворов и бетонов.

Влажность. Высушивание при температуре до 110° должно давать потерю в весе не более 33% веса щебня в воздушно-сухом состоянии.

Размокаемость. Щебень не должен размокать или рассыпаться в воде. Степень истираемости не должна превышать 10% по весу. Требование неразмокаемости щебня является наиболее важным, так как оно

¹ Истинная пористость определяется из формулы: $x = \frac{d - \gamma}{d} \cdot 100\%$, где d — уд. в. и γ — об. в

НТБ
ДНУЖТ

вообще определяет собой возможность применения щебня в качестве наполнителя. Порядок испытания щебенки на размокаемость указан в ОСТ 3043.

Водонасыщение. В разделе о диатомовых землях приводились указания о значительной влагоемкости некоторых плотных трепелов. Поэтому перед их применением в качестве щебенки обязательно во избежание обезвоживания раствора предварительное насыщение их водой.

Получение щебенки из опоки. Дробление опоки, добываемой в виде больших кусков, возможно производить как вручную, так и механическим путем. Ручное дробление не может представить особой трудности, так как твердость опоки меньше, чем обычно применяющиеся в строительстве изверженные горные породы. Механическое дробление опоки может производиться на дробилках Блека (примерная производительность $5 \text{ м}^3/\text{час}$), Клеро ($2-2,5 \text{ м}^3/\text{час}$) и Беякова ($1,5-2,5 \text{ м}^3/\text{час}$). Дроблению опоки должна предшествовать ее предварительная воздушная просушка, с тем чтобы окончательная влажность при применении дробилок Блека не превышала бы $6-8\%$, а при дробилках иных систем — $25-35\%$.

Применение. Возможно применение опоки в качестве гидравлической добавки и в качестве заполнителя. В последнем случае достигается наиболее полное использование гидравлических свойств пылевидных частиц опоки, получающихся при дроблении породы в щебень. В связи с пониженным сцеплением щебенки с вяжущим целесообразно комбинировать щебенку с иным заполнителем, например шлаком (см. опокобетон). Возможности применения опочного щебня относительно ограничены, отчасти вследствие его значительного объемного веса, отчасти вследствие малого количества месторождений, удовлетворяющих вышеприведенным условиям (особенно требованию неразмокаемости).

Керамзит

(Искусственная пемза по методу проф. Е. В. Костырко.)

Определение. Керамзит представляет собой легкий пемзовидный песчанистый и щебенистый заполнитель, получаемый путем обжига обыкновенных, средней жирности, глин, до температуры $1000-1150^\circ$, в которых содержание окислов железа доводится до определенной величины путем добавки железной руды или иного железосодержащего материала.

Сущность производственного процесса. Ряд опытов лаборатории строительных материалов Государственного института сооружений показал, что если в кирпичных глинах довести содержание окислов железа до $6-8\%$ (учитывая содержащиеся в глине) путем добавки железного сурика, красной железной руды, бобовой руды и тому подобных материалов, то удастся получить массу с наибольшей температурной амплитудой между спеканием и плавлением, т. е. наибольшей длинноплавкостью. В целях получения равномерно распределенных замкнутых пор, глиняной массе придается предварительная пористость путем введения органики, выгорающей до начала размягчения обжигаемого материала.

Образование пор и ячеек основывается на свойстве добавляемой в глину окиси железа; во-первых, образовать при температуре $1000-1150^\circ \text{C}$ тягучую массу со значительной амплитудой между спеканием и плавлением, а во-вторых, переходить в закись с выделением при указанной выше температуре кислорода (или окиси углерода), каковой и производит вспучивание глиняной массы и образование замкнутых пор в тягучей размягченной массе. Проф. Костырко Е. В. полагает более вероятным, что получение замкнутых пор в керамзите объясняется процессом образования при известной определенной температуре сложных силикатов, в которых железо входит в закисной форме, и что собственно этот процесс образования новых соединений вызывает распад окиси железа на закись и свободный кислород.

Регулированием процесса обжига можно получить большее вспучивание обжигаемого материала, но при этом поры получаются неравномерными, что отражается на прочности керамзита далеко не пропорционально уменьшению объемного веса.

Таким образом получение вспученности с замкнутыми порами зависит от содержания в глине окислов железа.

Керамзит имеет черную окраску, что также объясняется переходом окисных соединений в закисные.

НТБ
ДНУЖТ

Технологический процесс. Производство керамзита распадается на следующие основные процессы: подготовку сырья, формовку сырца, подсушку и обжиг сырца и дробление получающегося продукта.

Подготовка сырья заключается в измельчении глины и плавней на бегунах или вальцах, в подготовке выгорающих примесей, в смешении составных частей и в увлажнении массы до консистенции, допускающей формовку на обыкновенных ленточных прессах (при мокром способе производства).

Формовка массы производится в виде кирпичей с целью получить полуфабрикат, поддающийся внутривозвратной транспортировке и обжигу в печах.

Процесс обжига распадается на два периода: первый период аналогичен обжигу глиняного кирпича, а именно, обжиг до 900°C , причем происходит полное выгорание органических добавок (с периферии к центру). К концу данного периода обжигаемый материал представляет собой пористую массу, аналогичную глинопористому кирпичу, объемным весом 1,2—1,4. Продолжительность первого периода составляет примерно 9—9½ час. Длительность второго периода, в котором при постепенном повышении температуры происходит образование пемзоподобного материала, составляет 1—1½ часа. При этом степень вспучивания массы можно регулировать соответственным поднятием температуры и временем обжига. Садка кирпичей для обжига должна быть не выше пяти рядов, так как во время процесса вспучивания масса имеет консистенцию густого теста и высокая садка обязательно сядет, отчего нижние слои сырца вовсе не обожгутся.

Обыкновенно отдельные галки сливаются в один ком, который разбивается по охлаждении печи. Охлаждение печи можно допускать довольно быстрое, так как растрескивания керамзита не происходит.

При обжиге главная трудность заключается в том, чтобы уловить момент полного выгорания органиков и совместить его с началом повышения температуры от 1000 до 1150° .

Задача эта в значительной мере облегчается в том случае, если обжиг будет поставлен по принципу тоннельных печей, т. е. при неподвижном огне и перемещающемся сырце. В этом направлении и ведется проектирование технологического процесса.

Последним производственным процессом является дробление плотной массы на дробилках Блека или Клеро в материал надлежащего гранулометрического состава для приготовления растворов и бетона и рассортирование полученного материала.

Свойства керамзита. Химический состав. Чрезвычайно ценным свойством керамзита, отличающим его от ряда других легких заполнителей (шлаков), является отсутствие в нем серы, что допускает более надежное применение его в качестве заполнителя для легкого железобетона.

Объемный вес. При изготовлении керамзита, получается материал с объемным весом плотной массы от 400 до 1200 кг/м^3 ; наиболее легко достигаемая плотность — $500—800\text{ кг/м}^3$.

Прочность. Временное сопротивление керамзита сжатию составляет около 23 кг/см^2 при объемном весе в 500 кг/м^3 . Временное сопротивление керамзитобетона (заполнитель от $0,2$ до 30 мм) сжатию через 28 дней составляет около 70 кг/см^2 при объемном весе в 1150 кг/м^3 и при расходе портланд-цемента в $250—270\text{ кг/м}^3$.

Применение. Керамзит может применяться в качестве инертного материала при приготовлении легких растворов, бетонов и железобетона. В соответствии с объемным весом керамзита возможно иметь легкие бетоны объемным весом $1,05—1,30$ с возможным временным сопротивлением, достигающим до 120 кг/см^2 .

НТБ
ДНУЖТ

ГЛАВА II

РАСТВОРЫ

Раствором называется смесь вяжущего материала с заполнителем, затворенная водой. В зависимости от свойств вяжущего вещества раствор может быть воздушным, т. е. твердеющим только на воздухе (известковый, гипсовый, магнезиальный), или гидравлическим, т. е. твердеющим как на воздухе, так и под водой (все прочие растворы).

По виду примененного вяжущего вещества растворы разделяются на известковые (воздушная и гидравлическая известь), цементные (все виды цементов), смешанные (цемент—известь), известково-пуццолановые (известь—гидравлическая добавка) и шлаковые (без добавления извести или цемента).

По виду примененного заполнителя растворы могут быть холодными (песчаные растворы) и легкими (пониженный объемный вес заполнителя, а следовательно лучшие термоизоляционные свойства раствора).

Растворы применяются для сцепления между собой отдельных камней или кирпичей в кладке, для изготовления бетона и бетонных камней и для нанесения штукатурки (штукатурный раствор).

Заполнители (песок, шлак и т. д.) вводятся в растворы для уменьшения расхода вяжущего, а иногда и для предотвращения растрескивания тестообразной массы при высыхании. Холодные заполнители являются инертными материалами (балластом), не вступающими в химическое взаимодействие с вяжущим веществом. Некоторые из легких заполнителей, пылевидные частицы которых обладают гидравлическими свойствами, вступают в химическое взаимодействие с вяжущим, повышая при этом прочность раствора (например гранулированные доменные шлаки).

При выборе песка как заполнителя необходимо иметь в виду, что его минералогический состав роли не играет, и необходимо обращать внимание лишь на его чистоту (отсутствие перегоя и больших количеств глины) и гранулометрический состав. Во всех видах растворов желательно применять песок смешанной крупности с предельной величиной зерен в 3 мм¹. При употреблении более крупнозернистого песка возможно растрескивание теста и неизбежно утолщение швов (свыше 10—12 мм); наоборот при избытке мелкозернистого песка имеет место понижение прочности, так что для получения равнопрочного раствора необходимо расходовать излишнее количество вяжущего.

Прочность раствора в общем не имеет того исключительно большого значения, которое ей придавалось раньше, так как во всех случаях центрального сжатия раствор в швах лишь способствует равномерной

¹ Исключением являются штукатурные растворы, где крупность зерна не должна превышать 2 мм.

передаче давления, сглаживая неровности соприкасающихся поверхностей (тем более, что толщина швов в кладке не превышает 12—16 мм). Прочность раствора оказывает влияние лишь в случаях эксцентрично действующих нагрузок малоустойчивых стен, при вероятности продольного изгиба и в отдельных частях кладки, где возможен значительный изгиб¹. Поэтому обычно в швах достаточно временное сопротивление сжатию (через 28 дней), близкое к наибольшему допускаемому напряжению в кладке.

Исключением является бутовая кладка стен и высоких фундаментов, где, в силу больших прослоек раствора, последний принимает на себя нагрузку.

Вода, применяемая для изготовления растворов, должна быть чистой и мягкой. Количество добавляемой воды обычно должно быть таково, чтобы раствор имел пластичную, нежидкую консистенцию. При избытке воды прочность понизится как вследствие разъединения частичек друг от друга, так и вследствие излишней пористости раствора (испарение избыточной воды).

Техника вяжущих веществ, а следовательно и растворов, развивалась чрезвычайно медленно; лишь в последнее столетие в результате усложнившихся потребностей человечества и возросших запросов со стороны промышленности произошло скачкообразное развитие техники вяжущих веществ (изобретение портланд-цемента). Древнейшим вяжущим веществом, как показывают исторические документы, была глина. Затем появляются известь и гипс (например при постройке египетских пирамид) и постепенно вытесняют глину. Весьма давнее появление гипса в качестве вяжущего материала можно объяснить малой температурой обжига и простотой технологических процессов. В дальнейшем новые производственные факторы, как например строительство больших городов, водоводов, крепостных сооружений и т. п., обусловили поиски более прочных вяжущих веществ, обладающих свойством твердеть под водой. Появились гидравлические добавки сперва в виде отбросов керамического производства, а затем в виде продуктов вулканического извержения (Рим). Крупные торговые центры, создавшиеся в XVII—XVIII столетиях и развитие английского торгового флота вызвали строительство портовых сооружений и маяков, требовавших более прочных вяжущих веществ, нежели известково-пуццолановые смеси. В результате систематизированных наблюдений выявилась возможность производства гидравлической извести и роман-цемента. И наконец в 1824—1844 гг. был взят ряд патентов на производство портланд-цемента.

Высокие качества, присущие портланд-цементу, привели к организации массового производства последнего и к вытеснению им известкового раствора, обладающего незначительной прочностью и очень медленно твердеющего.

Стремление удешевить раствор кутем возможно меньшего расхода цемента, а с другой стороны — невозможность применять очень тощие цементные растворы, ввиду их незначительной пластичности, привели к применению смешанных (цементно-известковых) растворов.

Последующим этапом в развитии техники строительных растворов, обусловленным сильным увеличением объема капитального строительства и необходимостью максимально экономить расход цемента, явилось возобновление применения растворов из гидравлической извести и известково-пуццолановых растворов, обладающих свойством гидравлическости и относительно большей механической прочностью. К известково-пуццолановым

¹ Следует отметить, что весьма существенную роль во всех указанных случаях играет сцепление кладки с раствором — вопрос к сожалению в данный момент еще почти не исследованный.

НТБ
ДНУЖТ

растворам относятся: известково-диатомовый, известково-шлаковый, известково-сиштофный и тому подобные растворы. Наиболее распространенным является раствор на основе известково-диатомового вяжущего вещества, первоначально проработанный и изученный в лаборатории ВИС под руководством инж. Е. В. Костырко.

И наконец, в последнее время В. П. Некрасовым выдвинута проблема использования известково-глинистых смесей в качестве строительных растворов, ныне разрабатываемая в лабораториях ЦНИИПСа и ВНИИСМа.

Применение известково-пуццолановых, известково-глинистых и легких растворов, сокращающих употребление дефицитных материалов за счет использования материалов местных, и одновременно с этим удешевляющих строительство, есть один из рационализаторских процессов в строительном производстве. Следует добавить, что известково-пуццолановые растворы по сравнению с известковыми растворами имеют и некоторые технические преимущества: так например, процесс их твердения проходит быстро и равномерно по всей толще кладки, чего мы не наблюдаем у чисто известковых растворов.

ИЗВЕСТКОВЫЙ РАСТВОР

Дозировка. Количество известкового теста, смешиваемого с заполнителем, теоретически должно быть таково, чтобы были заполнены не только промежутки между зернами заполнителя, но и были бы облеплены поверхности отдельных зерен. В соответствии с этим объем теста принято считать равным объему пустот в заполнителе с коэффициентом 1,10. Но количество добавляемого заполнителя в свою очередь находится в зависимости от степени жирности извести. Чем известь жирнее, тем больше заполнителя может быть примешано к тесту для получения равнопрочного раствора. Для жирной извести возможна дозировка 1:3—4,¹ для средней—1:2—3 и для тощей—1:1—2 (вес дозировки по объему).

Обычно применяются следующие дозировки раствора (согласно „Единым нормам строительного проектирования“), считая, что степень жирности извести соответствует № 3 нижеприводимой таблицы (Ур. положение):

для надземной и бутовой кладки... от 1:1 до 1:3,
для штукатурки... 1:2.²

Т а б л и ц а 14

Выход пушонки, теста и раствора

| № жирности | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Для извести, могущей принять на 1 объем теста объемов песка | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 1,5 |
| Из 1 м ³ кипелки получается: | | | | | | | | |
| пушонки м ³ | 3,00 | 2,75 | 2,50 | 2,33 | 1,75 | 1,50 | 1,15 | 1,11 |
| теста м ³ . . . | 1,80 | 1,68 | 1,55 | 1,48 | 1,19 | 1,05 | 0,83 | 0,82 |
| раствора м ³ | 7,20 | 5,88 | 4,65 | 3,92 | 2,78 | 2,10 | 1,38 | 1,09 |
| На 1 м ³ кипелки требуется песка м ³ | 7,20 | 5,88 | 4,75 | 3,67 | 2,38 | 1,58 | 0,83 | 0,41 |
| Из 1 м ³ теста получается раствора м ³ | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 1,3 |

¹ Шох (Schoch) что даже раствор 1:3 при жирной извести является слишком тощим должен быть заменен раствором 1:2,25.

² По Шоху — от 1:1,5 до 1:2.

Таким образом, при извести хорошего качества объем раствора равен объему взятого песка, так как тесто размещается в промежутках между зернами заполнителя (для песка объем пустот равен примерно 40%). Если же объем теста больше объема пустот в заполнителе, то выход раствора будет больше на величину разности объемов. Для песчаных растворов при наиболее часто применяющейся извести возможно принять выход в 75—80% от суммы объемов извести и песка.

Расход материала на изготовление раствора возможно подсчитать по вышеприведенной таблице. Так для извести, принимающей 3 объема песка на один объем теста (№ 3), расход извести-кипелки на 1 м³ раствора составляет 1:4,65 = 0,215 м³, а в переводе на пушонку—0,215 · 0,65 · 1,32 = 227 кг, где 0,65 — вес 1 м³ кипелки в т, а — 1,32 выход пушонки по весу (см. воздушную известь).

Количество воды, добавляемой при изготовлении раствора, должно быть таково, чтобы масса получалась густая, но по возможности пластичная. Раствор, взятый на лопату или кельму, должен легко сваливаться с нее в виде достаточно крепких кусков, не приликая к ней.

Свойства раствора. Объемный вес известково-песчаного раствора обычной дозировки составляет около 1700—1800 кг/м³.

Прочность известково-песчаных растворов через 28 дней по изготовлении составляет: на сжатие от 3 до 20 кг/см² и на растяжение — от 1,0 до 5,0 кг/см² ¹.

Принятый в строительной практике способ испытания прочности известковых растворов через 28 дней путем подливки стойки кирпича один на другой (до 7 кирпичей) можно принять лишь как грубо ориентировочный, так как при испытании не учитываются шероховатость и влажность кирпича.

Влагоемкость раствора не превышает 10—15%. Раствор, находящийся в шве, достаточно огнестоек.

Известковый раствор является также устойчивым против внешних влияний. Из солей является вредным хлористый магний (см. фибролит), вступающий в обменные реакции с гидратом окиси кальция с образованием магнезии и растворимого хлористого кальция.

Применение. Известковые растворы употребляются для изготовления бетонных камней в случае гидравлической пылевидной части заполнителя, для кладки стен, зданий, входящих в эксплуатацию не ранее следующего сезона по возведении, для кладки фундаментов, не подвергающихся действию грунтовых вод, и для приготовления штукатурных растворов.

Применение известковых растворов для изготовления бетонных камней может быть значительно расширено, если будет технологически разрешен вопрос использования отходящей углекислоты (известково-обжигательные печи и т. д.) для ускорения карбонизации изделий, помещаемых в специальную карбонизационную камеру.

РАСТВОР ИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ИЗВЕСТИ

Дозировка. Дозировка растворов на гидравлической извести примерно следующая:

| | |
|--------------------|-----------------|
| кладка фундаментов | . от 1:3 до 1:4 |
| надземная | 1:3 |
| штукатурка . . . | . от 1:2 до 1:4 |
| шлаковые камни | 1:6 |

Применение. Гидравлические извести могут применяться для изготовления бетонных камней (см. известково-пемзовые и известково-шлаковые камни) и во всех видах кладки надземных и подземных сооружений

¹ Листовка ВОРС, „Известь строительная“, Кв. 011, № 25—26.

НТБ
ДНУЖТ

взамен цементных и сложных растворов (жирные растворы на сильной гидравлической извести). Строительные растворы из гидравлической извести в особенности рекомендуются в тех случаях, когда строителей в первую очередь интересуют сухость и водонепроницаемость швов, а не прочность раствора.

В частности слабая гидравлическая известь должна применяться в тех случаях, когда требуются большая прочность и более скорое твердение чем у воздушной извести. Известь же, обладающая сильными гидравлическими свойствами, — при возведении гидротехнических сооружений. При кладке, находящейся под водой, раствору должна быть предоставлена возможность твердения на воздухе (водоотлив, шпунт и т. д. в течение не менее 7 дней при употреблении сильной гидравлической извести и 21 дня при слабой извести.

РАСТВОР ИЗ ПОРТЛАНД-ЦЕМЕНТА.

Дозировка. Дозировка цементных растворов колеблется согласно „Единым нормам строительного проектирования“ в пределах от 1:3 до 1:6 (по объему). Применение более жирных растворов нецелесообразно, как обладающих избыточной прочностью и одновременно с этим склонных к растрескиванию. Более тощие растворы совершенно не пластичны и не сцепляются с кладкой.

Количество добавляемой воды определяется требуемой консистенции раствора, каковая должна быть пластична. Избыток воды резко снижает прочность раствора.

Выход раствора составляет от 70 до 75% по объему сухих составных частей.

Объемный вес раствора составляет около 2200 кг/м³.

Применение. Цементные растворы могут применяться в гражданском строительстве только в исключительных случаях, когда по условиям существующих в кладке напряжений невозможно применение иных, менее прочных растворов. Для изготовления легкобетонных камней цементные растворы находят применение обычно лишь в тех случаях, когда в силу незначительности производства нецелесообразно строительство парильных камер (см. „Легкобетонные камни“) или когда необходимо получение камней повышенной прочности.

Таким образом цементные растворы должны применяться преимущественно в области монолитного холодного бетона и железобетона.

СМЕШАННЫЕ РАСТВОРЫ

Ряд наблюдений показал, что при добавлении к тощим цементным растворам некоторого (относительно незначительного) количества извести происходит повышение пластичности раствора, улучшение сцепления с кладкой, уменьшение водонепроницаемости и повышение прочности (при жирных растворах обязательно понижение прочности). С другой стороны добавление незначительного количества цемента к известковым растворам является также целесообразным, так как приводит к значительному повышению прочности раствора (по данным Мосстроя на 50—60%), сокращению срока твердения (увеличение пористости раствора и ускорение процесса карбонизации) и к уменьшению сырости стен, сложенных на известковом растворе (возможность передачи в эксплуатацию через 3—4 мес.).

Растворы на основе цементно-известкового или известково-цементного вяжущего вещества именуются смешанными растворами.

Дозировка. „Едиными нормами строительного проектирования“ предписывается дозировка раствора 1:1:9 (по объему) как для бутовой, так

и для каменной кладки (в московском строительстве принята дозировка 1:1:11).

Следует заметить, что дозировку цемента и извести равными объемами (а по весу цемента в 3 раза больше, чем извести), как это приведено в „Единых нормах“, нельзя признать целесообразной. В приложении к цементным растворам это означает снижение прочности раствора, а в приложении к известковым растворам — избыточное расходование цемента. Более правильно поэтому ограничить добавку извести к цементным растворам (для повышения их пластичности и т. д.) 10—15% по весу, а цемента к известковым растворам — 20—25% по весу.

Выход раствора составляет 70—75% по объему.

Изготовление раствора. Отмеренные количества цемента и песка перемешиваются всухую до получения однородной смеси. К сухому цементно-песчаному раствору добавляется потребное количество известкового теста, предварительно обращенного в молоко, и производится окончательное смешение.

При употреблении пушонки готовится сухая смесь цемента, песка и извести, а затем затворяется водой при тщательном перемешивании.

Применение. Смешанные растворы могут применяться для изготовления легкобетонных камней (преимущественно при воздушном вызревании) и для кладки во всех тех случаях, когда по величине возникающих в кладке напряжений или по климатическим условиям (засушливый климат) невозможно применение известкового и известково-пуццолановых растворов.

ИЗВЕСТКОВО-ДИАТОМОВЫЕ РАСТВОРЫ

Определение. Известково-диатомовые строительные растворы представляют собою гидравлические растворы, в которых вяжущее вещество состоит из извести и молотого диатома в различных дозировках со строительным песком или иными заполнителями.

Вяжущим веществом при изготовлении названных растворов является известково-диатомовое сложное вяжущее вещество.

Отличие известково-диатомового сложного вещества от известково-диатомового цемента заключается в том, что последний готовится на специальных заводских установках и поступает на строительную площадку или производственное предприятие в виде порошка. В то время как сложное вяжущее готовится непосредственно на месте потребления из гашеной извести и комового диатома (применение молотого диатома должно иметь место лишь в виде исключения).

Употребляемые для изготовления известково-диатомового сложного вяжущего вещества известь и диатом должны удовлетворять соответствующим ОСТ.

Наличие в извести больших примесей магнезии (MgO), замедляющих ее гашение, не является препятствием к применению извести для известково-диатомовых растворов, если ее гашение производится по правилам, установленным для медленно-гасящейся и доломитовых известей. Но в то же время прочность растворов в этих случаях будет пониженной.

Известково-диатомовое сложное вяжущее вещество не обладает постоянством объема: сильно усаживается и при высыхании растрескивается. О свойствах и приготовлении сложного вяжущего изложено далее.

В качестве заполнителей могут применяться: песок строительный кварцевый или других горных пород (холодные растворы), шлаки котельные, керамзит и т. д. (легкие растворы).

Песок должен состоять из смеси зерен различной величины размером не свыше 3 мм.

О свойствах легких заполнителей см. ср. 68.

Твердение известково-диатомовых растворов. Твердение известково-диатомовых растворов основано на взаимодействии извести и активного кремнезема, содержащегося в диатомите (см. „Кислые гидравлические добавки“). Медленность твердения раствора и возможность в некоторых случаях снижения прочности в условиях воздушного вызревания послужили стимулом к нахождению катализаторов твердения, каковыми являются: повышение температуры окружающей среды, добавка некоторых химических веществ и т. д.

Так например, если поместить известково-диатомовый раствор в атмосферу горячего влажного пара при нормальном или повышенном давлении, то процесс твердения ускоряется, и раствор приобретает такую прочность, какую при малоактивных диатомах и при обычных условиях он может иметь лишь через несколько месяцев после приготовления. На этом свойстве известково-диатомовых растворов основан способ производства пропаренных камней из известково-пуццолановых цементов.

Проф. Е. В. Костырко указывает, что ускорение твердения раствора наблюдается уже при 40—60° Ц. При дальнейшем повышении температуры прочность раствора через 12—18 час. пропаривания достигает, в зависимости от активности диатомов, прочности непропаренных растворов через 15—60 дней. Одновременно с этим несколько уменьшается склонность раствора к потере прочности при высыхании.

Ускорение твердения раствора может быть достигнуто не только повышением температуры, но и введением в состав его различных веществ, например гипса (2% к весу вяжущего), сернокислого натрия (5%) и хлористого кальция¹.

Свойства раствора. Объемный вес растворов зависит от вида примененных заполнителей: песка или легких заполнителей (см. соответствующие места).

Объемный вес кладки из обыкновенного кирпича на холодном известково-диатомовом растворе принимается 1700 кг/м³, а на легком— и 1600 кг/м.

Схватывание. Начало схватывания известково-диатомовых растворов различно, в зависимости от активности диатомов. В некоторых случаях оно наблюдается через 12—24 часа. Конец схватывания наступает через 24—48 час. и больше.

Для того чтобы произошло схватывание известково-диатомовых растворов, находящихся в условиях избытка влаги, необходимо их предварительное выдерживание на воздухе в течение 1—7 дней. Длительность выдерживания определяется тонкостью помола составных частей вяжущего и степенью активности диатома. Нахождение на воздухе необходимо для испарения имеющейся в растворе влаги, так как в противном случае возникают препятствия к должному уплотнению известково-диатомовых соединений, образующихся вначале в виде студенистой массы геля.

Механические свойства. Механические свойства известково-диатомовых растворов характеризуются нижеследующей таблицей 15, составленной по данным П. Н. Левтонова², и содержащей максимальные и минимальные значения прочности в различные сроки.

Из рассмотрения настоящей таблицы видно, что прочность растворов неодинакова в различные сроки твердения, в значительной степени завися от влажности среды.

В первые 2—3 месяца твердения прочность растворов повышается,

¹ „Сообщение Института сооружений“ № 12, ипж. Е. В. Костырко, Текущие работы по новым строительным материалам.

² П. Н. Левтонов, Известково-диатомовые растворы и камни. „Строительный бюллетень ИОРС и МОБОРС“. № 1—2 (561—562) за июнь 1932 г.

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 15

| Вид заполнителя. | Условия хранения образцов | Срок испытания. | Временное сопротивление в кг/см ² | |
|--------------------|---------------------------|-----------------|--|------------|
| | | | сжатию | растяжению |
| Шлак котельный | сухой воздух | 2 м. | 82 | — |
| " " | " " | 4 м. | — | 6,5 |
| " " | " " | 8 м. | — | 2,0 |
| " " | " " | 9 м. | 42 | — |
| Песок обыкновенный | " " | 1 м. | 25 | 2,2 |
| " " | " " | 3 м. | — | 1,9 |
| " " | " " | 9 м. | 17,5 | — |
| Шлак котельный | влажный воздух | 1 м. | 65,5 | — |
| " " | " " | 3 м. | — | 5,9 |
| " " | " " | 9 м. | 43,5 | — |
| " " | влажный песок | 7 м. | 130 | — |
| " " | " " | 10 м. | — | 13 |
| Песок обыкновенный | " " | 9 м. | — | 9,9 |
| " " | " " | 12 м. | 194 | 9,5 |
| Шлак котельный | вода | 9 м. | 141 | 18 |

а затем кривая плавно снижается, причем минимум прочности значительно превышает обычную прочность известковых растворов.

При нахождении растворов во влажном воздухе (умеренный климат с частыми осадками, туманами и т. д.) процесс нарастания прочности протекает плавнее, чем в сухом воздухе. Падение прочности также имеет место, но в меньшей степени, чем в сухом воздухе.

При постоянном соприкосновении растворов с влагой, что имеет место при нахождении растворов в сырых грунтах или в воде, происходит значительное нарастание прочности, превышающее показатели для цемента марки „0“. Понижения прочности не наблюдается при этом и в длительные сроки хранения.

Временное сопротивление растворов растяжению, согласно лабораторных испытаний в 15—20 раз меньше, чем сопротивление сжатию. Возможно, что лабораторные испытания дают преуменьшенные результаты, по сравнению с действительными условиями. Это расхождение можно объяснить малыми размерами восьмерок, в результате чего процесс обезвоживания их проходит быстрее, чем у кубиков. Между тем обезвоживание растворов обуславливает, как это будет показано ниже, падение прочности растворов.

Рядом экспериментальных работ установлено, что прочность растворов, помимо условий влажности, зависит также от известково-гидравлического фактора (дозировки извести-пушонки и молотого диатомы по весу, по отношению к диатому), степени механического воздействия, которому подвергается раствор, и температуры среды, в которой он находится.

Из диаграммы фиг. 24 видно, что повышение прочности раствора находится в прямой зависимости от работы трамбования, определяющего, кроме величины механической прочности, также и известково-гидравлический фактор.

Что касается зависимости нарастания прочности от срока твердения, то чрезвычайно большое значение имеет влажность среды, в которой раствор находится. Так, в условиях лабораторного хранения во влажном песке прочность раствора через 6 мес. примерно втрое больше прочности через 28 дней.

При нахождении растворов на воздухе они (как и все иные известково-

луццолановые растворы) с течением времени, как это видно из табл. 15. могут дать значительное снижение прочности.

Понижение прочности объясняется тем, что вследствие постоянной потери влаги задерживается образование известково-диатомовых соединений и происходит распад соединений, образовавшихся при неблагоприятных условиях, то есть когда в растворах уже нехватало воды, нужной для прохождения реакции. Распад сопровождается карбонизацией окиси кальция, причем часть диатома становится инертным материалом, не могущим вступить в химическое соединение с гидратом окиси кальция за недостатком последнего, следствием чего является отощание раствора и снижение его прочности. Помимо этого диатом разбухает и нарушает прочность кристаллического сростка углекислого кальция и успевших образоваться известково-диатомовых соединений.

Падение прочности на воздухе характеризуется следующими цифровыми данными.

Испытание образцов, изготовленных легким трамбованием (1 кг на 400 г раствора), показывает временное сопротивление сжатию к 6-месячному сроку:

| | |
|----------------------|----------------------------|
| на воздухе | . 10—15 кг/см ² |
| во влажном песке | 40 " |
| в воде . | 70 " |

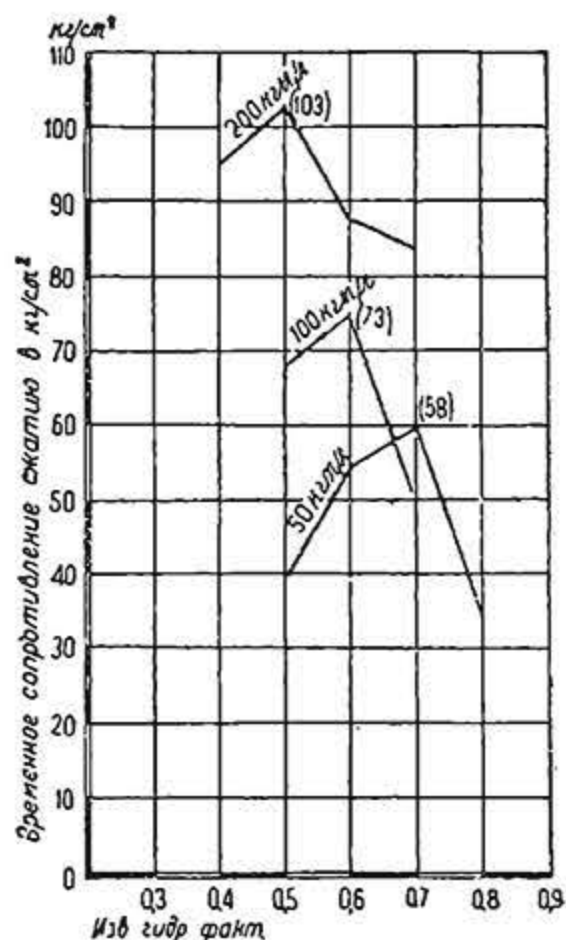
Каковы же условия нахождения раствора в кладке наружных и внутренних стен и не может ли иметь место снижение прочности раствора не только при лабораторном испытании кубиков, но и при службе в шве.

При разрешении этого вопроса следует учесть, что в материал наружных стен при кладке вводится значительное количество влаги, часть которой, измеряемая в 1—6% от веса кладки, остается в кладке навсегда. Помимо этого в естественных условиях имеют место туман, дождь и прочие осадки, наличие которых благоприятствует успешному твердению раствора. Нужно также отметить затруднительность высушки раствора, так как испарение влаги из раствора при сильно смоченных камнях может происходить лишь через поверхность соприкосновения раствора с воздухом, т. е. через сравнительно тонкий шов.

Вышеприведенные соображения позволяют сделать вывод, что условия службы раствора в кладке значительно отличаются от условий лабораторного испытания и что при употреблении известково диатомового раствора для кладки стен в местностях не с жарким (засушливым) климатом нет оснований опасаться значительного падения прочности раствора, если проведены соответствующие предохранительные мероприятия (подробнее см. „Применение“).

Количество воды, потребной для получения теста и раствора нормальной густоты. Количество воды для получения нормальной густоты теста колеблется от 62 до 80% и выше, повышаясь по мере увеличения содержания диатома. Порядок определения нормальной консистенции раствора в рабочей обстановке и влияние неправильной консистенции указаны ниже.

Постоянство объема. Согласно данным лаборатории Сталь-



Фиг. 24. Зависимость прочности известково-диатомового раствора и известково-гидравлического фактора от работы уплотнения.

НТБ
ДНУЖТ

строая раствор выдерживает пробу в воде, но не выдерживает пробы нагреванием и кипячением.

Морозостойкость. Известково-диатомовые растворы являются недостаточно морозостойкими. Это обстоятельство не является угрожающим при применении их в качестве каменщицких растворов, но должно обязательно учитываться при изготовлении искусственных камней на основе известково-диатомового вяжущего. Защитными мероприятиями являются: оштукатурка кладки, добавление к раствору портланд-цемента и соблюдение оптимального водовяжущего фактора.

Водостойкость. Раствор, находящийся в шве, является водостойким. Это утверждение не распространяется на случаи нахождения раствора в условиях проточной или избыточной влаги, когда система известь-диатом является неустойчивой и распадается (вымывание гидрата окиси кальция).

Назначение состава растворов. При проектировании состава растворов следует различать два момента: дозировку известково-диатомового сложного вяжущего вещества и дозировку собственно раствора.

Дозировка известково-диатомового вяжущего вещества, т. е. величина известково-гидравлического фактора, зависит от ряда обстоятельств. Главнейшими из них являются: активность диатома (чем диатом активнее, тем больше известково-гидравлический фактор, то есть тем больше добавляется извести), тонкость помола, активность извести (обратная зависимость), работа трамбования, т. е. нагрузка, приходящаяся на раствор в шве¹ (чем больше работа трамбования, тем меньше расходуется извести), принятый технологический процесс (например введение пропаривания) и условия температуры и влажности.

Известково-гидравлический фактор в каждом отдельном случае подбирается опытным путем, с учетом производственных условий. У ряда диатомов наилучшим соотношением при работе уплотнения в 8—16 кгм/л раствора является 33—40% извести по весу.

Влияние активности диатома сказывается также и в том, что чем он менее активен, тем больше требуется израсходовать сложного вяжущего на единицу заполнителя для достижения одной и той же прочности раствора.

Таким образом количество извести в сложном вяжущем, если дозировка подбирается опытным путем, характеризует прочность растворов. Чем больше извести, т. е. чем больше известково-гидравлический фактор, тем прочнее раствор и тем, следовательно, меньше потребуется сложного вяжущего для достижения одной и той же прочности (исключение — запарка под давлением).²

Эта закономерность ослабевает при запарке известково-диатомовых растворов под повышенным давлением. В этом случае в реакцию вступает также и неактивный кремнезем, содержащийся в диатоме, что приводит к значительному повышению прочности.

При изготовлении строительных растворов или камней, подвергаемых воздушному вызреванию, необходимо особенно считаться с условиями температуры и влажности, руководствуясь следующими соображениями.

Известь и диатом в зависимости от вышеизложенных факторов возможно дозировать в пределах от 1:0,5 до 1:4 по весу. Но при обилии влаги и при затрудненном доступе воздуха, когда затруднена карбонизация свободного гидрата окиси кальция, может быть соблюдено заданное соотношение (преобладание процесса гидратации), а при малой влажности, когда затруднено образование известково-диатомовых соединений, должно быть преобладание извести (преобладание процесса карбонизации). В противном случае неизбежна большая рыхлость раствора и его последующее осыпание.

¹ А при изготовлении камней — сила трамбования при формовании.

² Отсюда видно, какое большое значение имеет также хорошее качество извести.

НТБ
ДНУЖТ

В связи с этим, независимо от оптимального известково-гидравлического фактора при возведении наружных кирпичных стен применяются дозировки не жирнее от 1 : 1 до 1 : 1¹/₂ и для штукатурок и внутренних стен отапливаемых зданий — от 1 : 0,5 до 1 : 1.

Во всех дозировках известь принята в виде пушонки, а диатом в молотом виде.

Дозирование собственно раствора подчиняется тем же принципам, что и обыкновенных известковых. Средний расход вяжущего на 1 м³ заполнителя, зависящий как от заданной прочности раствора, так и от активности диатома, составляет 250 кг, что обеспечивает достаточное заполнение пустот в заполнителе и обволакивание отдельных зерен. Исходя из этого, была установлена в зависимости от рода и характера кладок, нижеприводимая рецептура известково-диатомовых растворов, выраженная в объемной дозировке¹ (более целесообразно пользоваться весовыми дозировками).

Т а б л и ц а 16

| № состава | Род и характер кладки | Состав и дозировка раствора | | Допускаемые напряжения в кг/см ² | Временное сопротивление сжатию через 28 дней кубиков рабочей консистенции в кг/см ² |
|-----------|--|---|---|---|--|
| | | известковое тесто, молотый диатом и заполнитель | известковое тесто, диатомовое тесто и заполнитель | | |
| 1 | Бутовая кладка не сильно нагруженных фундаментов | 1 : 2, 25 : 7,5—8,5 | 1 : 2 : 7, 5—8,5 | 2—3 | 10—12 |
| | Кирпичная кладка фундаментных стен (теплый раствор) | 1 : 2, 25 : 6,5—7,5 | 1 : 2 : 6, 5—7,5 | 8 | 10 |
| | Каменная кладка утоненных стен со сплошными швами (теплый раствор) | 1 : 1, 75 : 6 | 1 : 6, 5 : 6 | 8 | 10 |
| | Каменная кладка внутренних стен или наружных стен в засушливом климате | 1 : 0, 9 : 5 | 1 : 0, 75 : 5 | 8 | 12 |

При составлении приводимых рецептов был предположен расход вяжущего в 250 кг/м³ заполнителя, причем известково-гидравлический фактор был выбран следующий: для составов № 1 и № 2—85 кг извести пушонки и 165 кг молотого диатома (известково-гидравлический фактор 1 : 2); для составов № 3 и 4—100 кг извести пушонки и 150 кг молотого диатома (известково-гидравлический фактор 1 : 1,5) и для состава № 5—140 кг извести пушонки и 110 кг молотого диатома (известково-гидравлический фактор 1 : 0,8).

Пересчет весовой дозировки (250 кг вяжущего на 1 м³ заполнителя), произведен в предположении объемного веса молотого диатома в 600 кг/м³, содержания извести-пушонки в 1 м³ известкового теста в 700 кг, содержания молотого диатома в 1 м³ диатомового теста в 800 кг⁴ и содержания недомола³ в диатоме в 10%.

¹ Инструкция ВОРС в „Строительном бюллетене“ № 48 за 1931 г. В основу положены работы над дабужским и зикеевским трепелами.

² Допускаемые напряжения по данным работ ЦНИИПСа

³ Под недомолом понимаются остатки на ситах, превышающие допустимые по нормам.

⁴ Фактически содержание молотого диатома в м³ теста составляет около 700 кг.

НТБ
ДНУЖТ

В том случае, если путем практической пробы устанавливается иной объемный вес диатома и иное содержание диатома в кубометре диатомового теста или иное содержание пушонки в известковом тесте, чем указано выше (см. дальше „Испытания“), то необходимо соответственно изменить дозировку раствора, так как в случае излишка недомола (а недомол не обладает гидравлическими свойствами) часть диатома будет, очевидно, исполнять лишь роль заполнителя (значительно при этом ухудшая свойства раствора).

Для пояснения произведем примерный расчет раствора на известково-диатомовом вяжущем веществе.

Требуется составить известково-диатомово-шлаковый раствор 1 : 3 при отношении извести-пушонки к пылевидному диатому 1 : 2 (по объему).¹ Для изготовления раствора имеются следующие материалы:

- а) известь-пушонка;
- б) измельченный диатом, состоящий из частиц различной крупности, а именно: пылевидных частиц мельче 0,2 мм (обладающих гидравлическими свойствами) — 78% и песчаных частиц крупностью от 0,2 до 3,0 мм — 22%;

в) шлак крупностью до 3 мм.

Прежде всего проектируется состав сложного вяжущего вещества, исходя из следующих соображений:

а) измельченного диатома нужно иметь столько, чтобы получилось потребное количество гидравлической добавки (2 объема), а именно:

$$\frac{200}{78} = 2,56 \text{ объема.}$$

В этом количестве заключается 2 объема собственно гидравлической добавки и 0,56 объема инертного диатома, играющего роль мелкого заполнителя;

б) извести-пушонки берется 1 объем.

После определения состава вяжущего переходим к определению состава раствора. На 1 объем извести-пушонки и 2 объема гидравлической добавки нужно взять 9 объемов шлака. Но так как гидравлическая добавка имела в своем составе 0,56 объема заполнителя, то шлака понадобится взять меньше, а именно — 8,44 объема.

Таким образом раствор 1 : 3 (по объему) будет состоять из 1 объема извести-пушонки плюс 2,56 объема диатома плюс 8,44 объема песка.

Учитывая только что доказанное положение, произведем примерный пересчет весовых дозировок на объемные.

Пусть дана дозировка для состава № 3 — 140 кг извести-пушонки и 110 кг диатома молотого на 1 м³ песка. Требуется найти дозировку по объему, предполагая, что известь и диатом будут употреблены в виде теста, причем диатомовое тесто содержит 10% недомола.

Заданную пропорцию 140 кг : 110 кг : 1 м³ переводим в объемные части путем деления членов пропорции на их объемные веса.

Имеем:

$$\frac{140}{700} : \frac{110}{800} \cdot \frac{10^3}{0,9} \left(1 - \frac{110}{800} \cdot \frac{1^3}{9} \right),$$

где 700 — содержание извести-пушонки в 1 м³ теста в кг и 800 — содержание молотого диатома в 1 м³ теста в кг.

¹ Для облегчения и большей наглядности подсчета при решении данного примера предположено, что объемные веса извести-пушонки и молотого диатома совпадают и весовые соотношения могут быть, поэтому, заменены объемными.

² Теста должно быть взято больше на величину содержания недомола.

³ Песка должно быть взято меньше на величину содержания недомола.

НТБ
ДНУЖТ

Умножаем все члены пропорции на $\frac{700}{140}$ и приводим этим их в кратное отношение к первому члену пропорции, взятому за единицу. Имеем:

$$1 : \left(\frac{700}{140} \cdot \frac{110}{800} \cdot \frac{10}{0,9} \right) : \frac{700}{140} \left(1 - \frac{110}{800} \cdot \frac{1}{9} \right) = 1 : \frac{55}{72} : 4 \frac{133}{144}$$

или округленно

$$1 : 0,75 : 5$$

(ср. с табл. 16).

Далее в качестве второго примера произведем пересчет заранее установленной дозировки в связи с изменением условий таковой в обстановке строительства.

Предположим, что лабораторией была дана дозировка 1 : 2 : 8 (известковое тесто, диатомовое тесто и песок — по объему). При составлении дозировки предполагалось: 1) что в 1 м³ известкового теста содержится 700 кг извести; 2) что в 1 м³ диатомового теста содержится 800 кг молотого диатома; 3) что недомол в тесте равен 10%, причем он учитывается как отощитель.

Далее предположим, что при проверке данных заданий на постройке путем определения: а) действительного содержания диатома в тесте и б) тонкости помола выявилось их несоответствие с действительным положением вещей, а именно: 1) что молотого диатома в 1 л теста оказалось не 800, а 770 г 2) что при просеивании пробы диатома через сито в 3 мм получился вследствие неудовлетворительного состояния помольных агрегатов остаток в 40 г, а при просеивании через сито с 400 отв/см² — 180 г.

Таким образом недомол составляет около 23% вместо допускаемых 10%. Приступая к изменению дозировки раствора, необходимо учитывать, что в качестве инертного материала рассматривается весь остаток на сите с 400 отв/см². (Более правильно считать инертным материалом остаток на сите 900 отв/см²).

Отсюда мы получаем, что в 1 л диатомового теста содержится 180 г инертных (т. е. 23%) и гидравлической добавки 770 — 180 = 590 г, или 77%. Но если в качестве гидравлической добавки рассматривается лишь 77% теста, то для составления раствора надо взять не 2 объема, а $\frac{2}{0,77} = 2,6$ объема. В этом количестве 2 объема приходится на долю гидравлической добавки и 0,6 объема — на долю инертных материалов. В связи с этим надо взять песка не 8 объемов, а 8,00 — 0,6 = 7,4 объема; таким образом объемная дозировка для данного диатомового теста выразится в 1 : 2,6 : 7,4, или округляя 1 : 2,5 : 7,5 (известковое тесто, диатомовое тесто, песок — по объему). Полученный раствор будет весьма неудовлетворительного качества, так как зерна педомола по своей прочности во времени (размягчение во влажной среде раствора) значительно уступают любому холодному или легкому заполнителю.

Количество воды, необходимое для изготовления раствора, определяется тем, что консистенция раствора должна быть пластичной, но не жидкой (кладка вприжим без заливки). Ввиду того, что количество воды, необходимое для приготовления раствора определенной консистенции, в значительной мере зависит от рода и свойства заполнителя (пористость и т. п.), рекомендуется в каждом отдельном случае на месте работ устанавливать потребное количество воды для получения желательной консистенции.

Помимо такого определения потребности воды „на-глазок“ возможно

также производить пробу на осадку конусом типа Абрамса. Нормальной консистенцией раствора для каменной кладки признается такая, при которой „осадка конуса“ будет около 5 см (при измерении непосредственно после снятия конуса).

Приготовление раствора. Приготовление известково-диатомового раствора состоит из приготовления известково-диатомового сложного вяжущего и смешения вяжущего с заполнителем. Возможно также совмещение обеих частей процесса в один и совместное приготовление вяжущего и раствора. Однако работы ЦНИИПСа (автор, совместно с инж. Н. А. Поповым) показывают, что раздельное приготовление вяжущего и раствора дает более положительные результаты, чем совместное.

Вопрос о правильном приготовлении сложного известково-диатомового вяжущего является вопросом первостепенной важности для обеспечения надлежащего качества растворов и камней, изготавливаемых на таком вяжущем. Грубый помол, неудовлетворительная дозировка, недостаточно тесное смешение компонентов сложного вяжущего ведут не только к перерасходу вяжущего и к неудовлетворительной прочности растворов, но и к последующему их разрушению под действием атмосферных агентов (выветривание, отсутствие морозостойкости, понижение прочности во времени). Наилучшим вяжущим, с этой точки зрения, является готовое известково-диатомовое вяжущее заводского изготовления (известково-пуццолановый цемент).

При необходимости изготавливать сложное известково-пуццолановое вяжущее, в частности известково-диатомовое вяжущее на строительной площадке возможно применять следующие способы:

- а) смешение насухо извести-пушонки и молотого диатомы;
- б) смешение известкового молока (теста) и молотого диатомы;
- в) смешение известкового теста (молока) и диатомового теста (молока);
- г) мокрый помол комового диатомы при увлажнении известковым молоком;
- д) совместный помол извести-кипелки и комового диатомы.

В результате работ, проведенных ЦНИИПсом (автор, совместно с инж. Н. А. Поповым) возможно сделать следующие выводы:

а) при перемешивании извести-пушонки и молотого диатомы вручную происходит полное смешение компонентов, обуславливающее максимальную прочность фабриката. При приготовлении вяжущего в растворомешалке принудительного действия (см. дальше) смешение массы не происходит, и компоненты располагаются слоями. Так как приготовление вяжущего вручную требует затраты большого количества рабсилы и является вследствие этого неэкономичным, то впредь до сконструирования более совершенного помольного агрегата, смешение извести-пушонки и молотого диатомы на постройке или кустарных небольших заводах не может осуществляться достаточно рентабельно и надежно, почему и не может быть рекомендовано.

б) При приготовлении сложного вяжущего из известкового теста и молотого диатомы всегда требуется добавление воды к вяжущему для того, чтобы его размешать, иначе будет получаться сухая, комкообразная, не размешиваемая масса.

Наилучшие результаты получаются в том случае, если в растворомешалку предварительно загружается известковое тесто, затем добавляется нужное по расчету количество воды, и при вращении лопастей растворомешалки постепенно по всей поверхности загружается молотый диатом.

Но более удобно и дает лучшие результаты приготовление сложного вяжущего из молотого диатомы и известкового молока (а не теста).

В этом случае имеется большая возможность механизации работы, возможность соблюсти более точную дозировку извести и диатомы в отношении друг друга и возможность не опасаться наличия пережога и недо-

жога в извести. При этом способе работы, применяется следующий порядок загрузки: в растворомешалку заливается известковое молоко (плотностью не свыше 28—30° по Боме) и при вращающемся вале постепенно насыпается диатом. При перемешивании вяжущего необходимо наблюдать за тем, чтобы в известковом молоке не образовывались комки сухого молотого диатома (соблюдение постепенности загрузки молотого диатома в молоко). Лучшее перемешивание происходит в двух случаях: 1) когда сложное вяжущее имеет консистенцию густого малоподвижного (не перебивающегося из одного сосуда в другой) теста, что допускает дополнительное измельчение крупных частиц и комков диатома во время перемешивания, и 2) когда сложное вяжущее имеет жидкую консистенцию, что обуславливает размывание могущих образоваться комков молотого диатома.

в) Приготовление сложного вяжущего из известкового теста и диатомового теста также вполне приемлемо для производственных условий. Известковое тесто должно употребляться хорошо отстоенным, так как при плохом отстое теста и жидком трепельном тесте повышается влажность вяжущего, что обуславливает понижение его прочности.

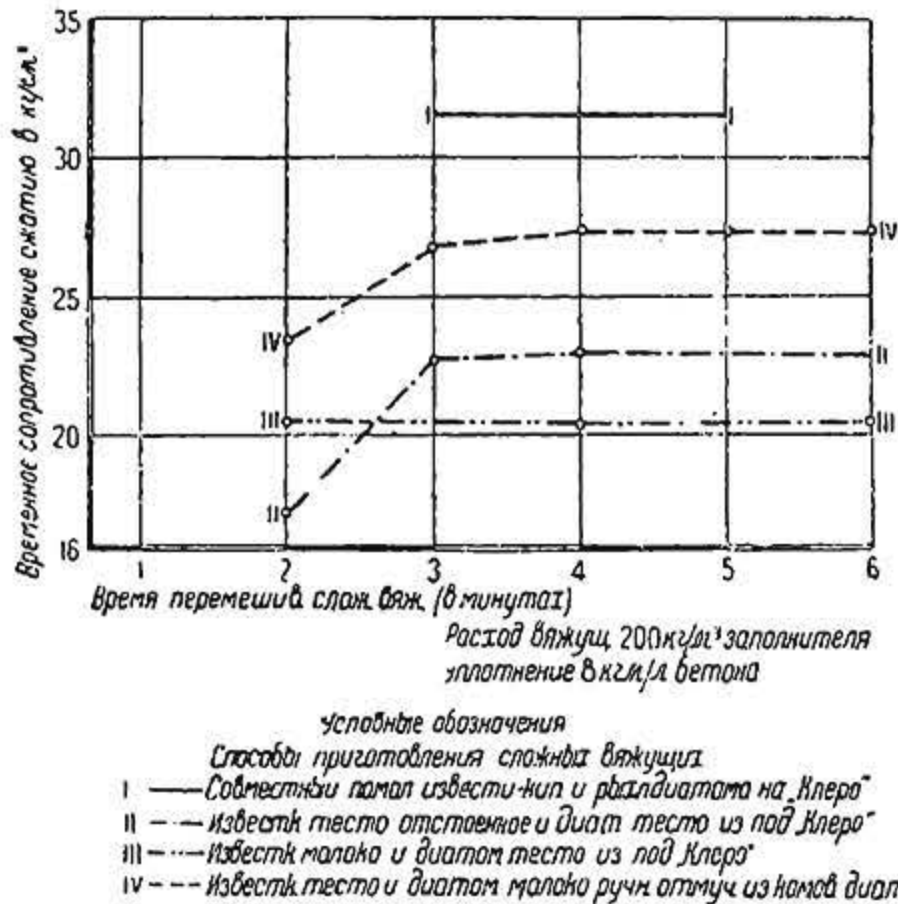
Приготовление сложного вяжущего должна предшествовать дозировка компонентов. Поскольку дозировка производится в пересчете на сухое вещество, надо определять содержание влаги в известковом и диатомовом тесте. Последнее может производиться или подсушкой теста, или предпочтительно по графикам зависимости объемного веса теста от содержания в нем воды.

При замене известкового теста известковым молоком или диатомового теста диатомовым молоком также получается хорошее перемешивание вяжущего.

Оптимальное время перемешивания для всех перечисленных способов приготовления сложного вяжущего характеризуется графиком 25, из которого видно, что оптимумом в большинстве случаев является три минуты.

г) Затрудненность предварительного гашения известки-кипелки и последующей дозировки известкового теста или молока с диатомом, равно как и недостаточное количество (и дороговизна) молотого диатома, заставила обратиться к проблеме совместного мокрого помола известки-кипелки и комового диатома в дробилке „Клеро“ или на тяжелых бегунах.

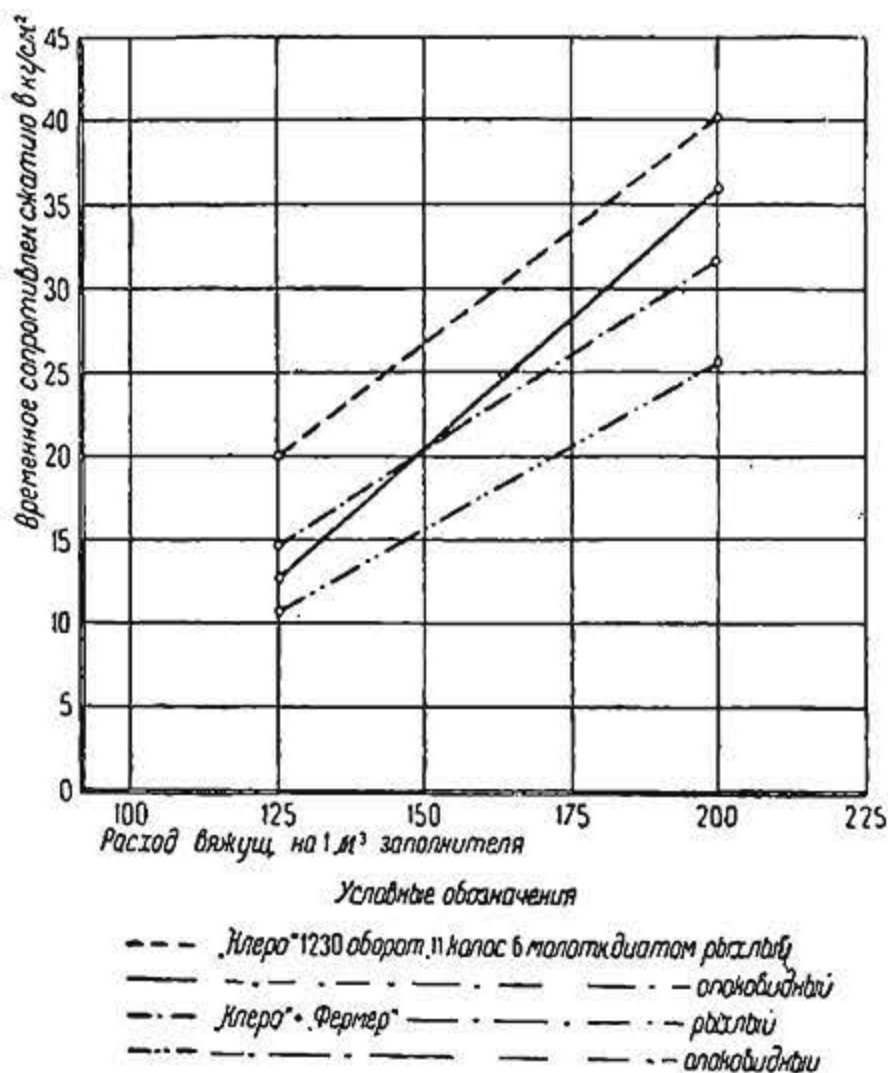
Известь и комовый диатом загружаются в вращающуюся на холостом ходу дробилку при постоянной подаче воды. Количество воды должно быть таково, чтобы выходящая из-под „Клеро“ масса имела конси-



Фиг. 25. Зависимость прочности бетонных изделий от способа приготовления сложного вяжущего.

стенцию густой сметаны. Во всех случаях необходимо стремиться к относительно меньшему содержанию в вяжущем воды, что облегчит в дальнейшем применение вяжущего в дело. Но в то же время вяжущее не должно быть слишком густым, так как иначе будет невозможно перемешать его с заполнителем в растворомешалке.

Помол должен производиться при полном наборе молотков и колосников. Помол на „Клеро“ дает значительно лучшие результаты, чем на фалевке. Но в то же время является чрезвычайно целесообразным дополнительное измельчение вяжущего из-под „Клеро“, с целью измельчения частиц диатомы и извести, крупнее 0,2—0,3 мм. Наличие в вяжущем плохо измельчившейся извести затрудняет ее гашение и приводит вследствие запоздалого гашения к снижению прочности, появлению трещин в растворе и разрушению в последующем, от действия мороза.



Фиг. 26 Зависимость прочности бетонных изделий от тонкости помола сложного вяжущего.

него должна быть такова, чтобы количество введенной в состав вяжущего пушонки соответствовало заданному известково-гидравлическому фактору. Качество вяжущего таково же, что и при совместном помолке предварительно перемешанных кипелки и диатомы.

Сопоставление различных способов приготовления сложного вяжущего показывает, что наивысшая прочность имеет место при ручном перемешивании извести-пушонки и молотого диатомы. Этот способ приготовления сложного вяжущего почти не применяется, как вследствие трудности получения нужных компонентов (пушонка, молотый диатом), так и вследствие нерентабельности и нецелесообразности ручного перемешивания. Но полученные результаты, однако, одновременно показывают, что для резкого улучшения качества продукции необходимо применять известково-пуццолановый цемент заводского изготовления.

Следующим по качеству перемешивания является совместный помол извести-кипелки и комового диатомы

в растворе и разрушению в последующем, от действия мороза.

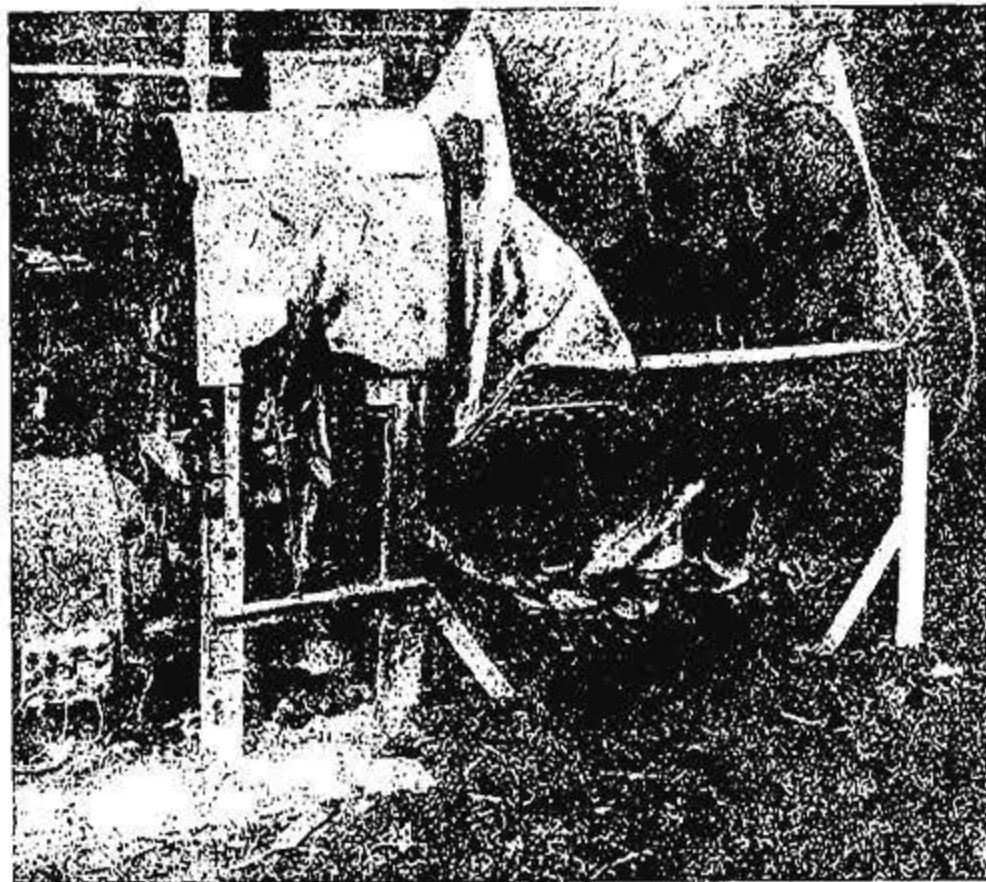
Опыты дополнительного измельчения были также проведены ЦНИИПСом, причем оказалось, что усовершенствование дробилки „Клеро“, путем ли добавления дополнительного агрегата (жернова-фермер), путем ли реконструирования колосниковой решетки, дает во всех случаях положительные результаты. Означенное положение ярко подтверждается графиком 25, характеризующим зависимость прочности изделий от тонкости помола сложного вяжущего.

д) Увлажнение извести молоком. При работе по этому способу в дробилку загружается комовой диатом и увлажняется известковым молоком. Плотность послед-

на дробилке „Клеро“. Прочности бетона, полученные при этом способе производства работ, примерно на 20% выше, нежели при наилучшем из прочих способов приготовления вяжущего из известкового молока и молотого диатома. При употреблении известкового теста и диатомового теста (II на графике 25), получается прочность выше, нежели при применении известкового молока и диатомового теста (III на графике 25). В то же время прочность бетона на вяжущем из диатомового теста и известкового теста меньше при применении известкового теста и диатомового молока (IV на графике 25).

Что же касается выбора того или иного способа по признаку удобства производственного процесса и упрощения технологической схемы, то при быстро гасящейся извести и при активности последней не менее 80% во всех случаях предпочтение должно быть отдано со-

вместному помолу известки-кипелки и молотого диатома, причем обязательными условиями являются выдерживание вяжущего перед употреблением в дело, в течение 2—3 часов, регулярное переворачивание (5—6 дней) и смена (10—12 дней) молотков. В тех же случаях, когда совместный помол является невозможным (медленно гасящаяся и среднегасящаяся известь), целесо-



Фиг. 27. Растворомешалка СМ 31.

образно молоть диатом на дробилке „Клеро“ при увлажнении известковым молоком¹ или работать на известковом тесте и диатомовом тесте.

Качество сложного вяжущего в значительной степени зависит также от предварительного смешения извести и диатома перед загрузкой в дробилку. Предварительное смешение компонентов повышает прочность раствора (и бетона) при одном и том же расходе вяжущего и, что особенно важно, при одном и том же объемном весе, более чем на 50%.

Определение содержания сухого вяжущего в тесте может быть произведено по формуле: $x = 1,91 (\gamma - 1000)$, где x — содержание известки-кипелки и молотого диатома в $кг/м^3$ вяжущего, γ — объемный вес мокрого вяжущего в $кг/м^3$ и 1,91 — коэффициент, действительный при удельном весе диатома в 2,1—2,3.

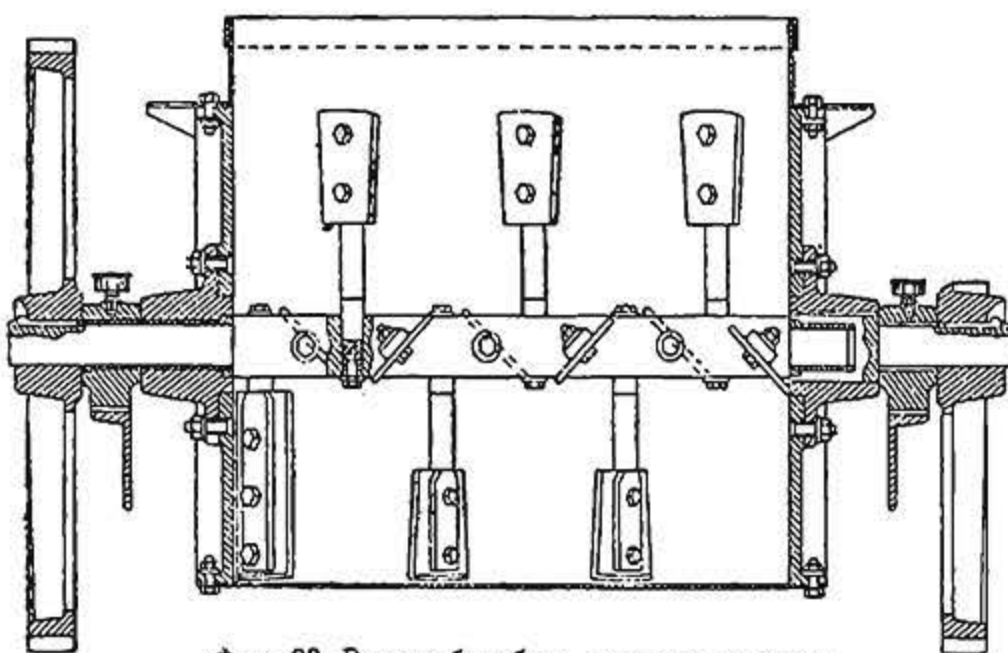
Что касается приготовления раствора, то последний может изготовляться ручным способом и в растворомешалках. Поскольку неизменным условием надлежаще приготовленного раствора является тесное и весьма тщательное смешение составляющих, то предпочтительно механизированное приготовление раствора. На фиг. 27 показан общий вид

¹ Те же результаты, что и при совместном помоле.

наиболее удобной растворомешалки СМ-31 и на фиг. 28 — продольный разрез ее барабана. Количество оборотов вала растворомешалки составляет 35—40 в минуту, при потребности в 4—5 НР.

При ручном приготовлении раствора (в исключительных случаях) творожный (смесительный) ящик заполняется известковым тестом, и добавляется полное, требуемое по расчету для приготовления раствора количество воды. В полученное жидкое известковое молоко всыпается небольшими порциями диатомовый порошок (или диатомовое тесто) и перемешивается веселками до равномерного цвета. Количество добавляемой воды должно обеспечивать консистенцию массы наподобие сметаны.

Изготовленная известково-диатомовая сметана при постоянном ее перемешивании заливается на заготовленную на бойке порцию заполнителя (толщина слоя 10 см), и смесь тщательно гарцуется до получения однородной вполне одноцветной массы. Комья известкового теста, могущие встречаться в гарцуемой массе, разбиваются при гарцовке железными граблями. При каждом замесе нужно выбирать вязущее вещество из творожного ящика целиком, так как вязущее может через некоторое время



Фиг. 28. Разрез барабана растворомешалки.

начать схватываться и, случайно попадая в свежий раствор, значительно ухудшить его качество.

При механизированном приготовлении раствора в растворомешалку загружается в первую очередь заполнитель, заливается готовым вязущим и во время перемешивания добавляется необходи-

мое количество воды. Срок перемешивания должен быть около 3 мин.

Независимо от способа приготовления и вида сырья известково-диатомовый раствор не следует заготавливать в количестве, большем сменной потребности в растворе, и конечно ни в коем случае недопустимо приготовление раствора, равно как и сложного вязущего вещества, впрок, например накануне, для употребления в дело на следующий день.

Применение. Применение известково-диатомовых растворов наиболее желательно в таких сооружениях, где обеспечен сырой или водный режим твердения (фундаменты, стены подвалов и т. п. — см. также известково-пуццолановые цементы). Наряду с этим возможно применение раствора для каменной кладки наружных несущих стен, обладающих достаточной устойчивостью (толщина в $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ кирпича), для бутовой кладки слабо нагруженных фундаментов и для наружной штукатурки, в районах с большим количеством атмосферных осадков.

Известково-диатомовые растворы не должны применяться в случаях эксцентрично действующих нагрузок малоустойчивых стен, при вероятности продольного изгиба и в тех частях кладки, где возможен значительный изгиб, т. е. в тех случаях, когда раствор работает не только на сжатие, но и на растяжение. Помимо этого, известково-диатомовый раствор не должен применяться в тех случаях, когда возможна быстрая отдача влаги из раствора путем испарения, или когда возможен, вследствие избытка влаги, гидролиз известково-диатомовых соединений.

Как правило, желательно применение известково-диатомового вяжущего вещества в теплых растворах, так как пористые заполнители, предварительно насыщенные влагой, обеспечивают необходимую для твердения раствора влажность раствора.

Таким образом, применение известково-диатомовых растворов нежелательно:

- а) для кладки рядовых перемычек, перекрывающих отверстия стен
- б) для кладки малоустойчивых утоненных стен (толщина меньше 38 см),
- в) для кладки отдельно стоящих столбов, колонн и узких простенков, если напряжения в них превосходят ниже приводимые величины),
- г) для кладки внутренних стен,
- д) для внутренней штукатурки,
- е) в районах с устойчиво засушливым климатом, или с жарким климатом при наличии горячих ветров,
- ж) для бутовой кладки фундаментов, подвергающихся в первые периоды твердения раствора действию значительного количества воды или же действию проточной воды в последующие периоды твердения.

При применении известково-диатомовых растворов камни (бутовый камень, кирпич, бетонные камни) должны перед кладкой обильно поливаться водой. Особенная обильная поливка требуется летом при жаркой и сухой погоде. Штукатурка стен, сложенных на известково-диатомовом растворе, производится обычным способом. При этом внутренняя оштукатурка во избежание высыхания раствора должна быть производима в возможно кратчайший срок.

При кладке толщиной от 1 до $2\frac{1}{2}$ кирпичей при нормальных швах допускаемое напряжение в кладке на сжатие не должно превышать 8 кг/см^2 .

При возведении утоненных наружных стен толщиной в $1\frac{1}{2}$ кирпича на теплом растворе с уширенными швами допускаемое напряжение на сжатие устанавливается в зависимости от типа кладки с понижением против вышеприведенной величины (8 кг/см^2) ввиду уширения швов.

Испытания растворов. При работе с известково-диатомовыми растворами необходимо производство следующих испытаний: определение объемного веса и влажности диатома, определение содержания диатома в диатомовом тесте и тонкости его помола, определение консистенции раствора и его прочности.

Предпоследнее испытание производится периодически и имеет своей целью определить количество диатома, содержащегося в объемной единице диатомового теста, а также установить удовлетворительность размолта трепсла и наличие недомола.

При испытаниях берутся две пробы диатомового теста емкостью по 1 л.

Первая проба (для определения содержания диатома) высушивается до постоянного веса при умеренной температуре, после чего путем взвешивания определяется общее содержание диатома в 1 л теста. Возможно также использование вышеприведенной формулы.

Вторая проба (на тонкость помола) разводится водой до жидкого состояния и процеживается через сито с отверстиями в 3 мм, затем через сито с 400 отв/см^2 и наконец через сито с 900 отв/см^2 . Остатки на этих ситах высушиваются и взвешиваются. Тонкость помола должна соответствовать нормам ОСТ.

Определение консистенции раствора. Определение консистенции раствора производится при помощи конуса типа Абрамса.

Конус типа Абрамса представляет собою форму из листового железа в виде усеченного конуса высотой 30 см, диаметром нижнего основания в 12 см и диаметром верхнего основания 6 см. Конус должен быть снабжен боковыми ручками, внутренняя его поверхность должна быть совершенно гладкой. Загибов внутренних фасок у основания и по шву не должно быть.

Наполнение конуса раствором производится в два, равных по высоте, слоя, причем каждый слой протыкается (штыкуется) 25 раз круглым металлическим стержнем (диаметром около 15 мм) с округленным концом. Длина стержня должна быть не менее 25 см.

Конус смачивается водой и ставится на деревянную подставку, обитую кровельным железом и также смоченную водой. Конус наполняется свежим раствором, затворенным введ самым опытом, и штыкуется нажимом руки без удара. Во время наполнения и штыкования конус плотно прижимается ногами к подставке.

Немедленно по наполнении конуса избыток раствора срезывается металлической линейкой вровень с краями, и форма осторожно снимается путем медленного и строго вертикального

НТБ
ДНУЖТ

поднятия ее за ручки. Конус из раствора, освобожденный от формы, дает осадку, если раствор достаточно пластичен. Немедленно по снятии форма осторожно устанавливается на площадку рядом с осевшей массой раствора, и на верхнее основание укладывается металлическая или деревянная линейка, от нижней поверхности которой и измеряется осадка бетонной массы. Измерение должно производиться по вертикальной оси массы раствора с точностью до 1 см.

Опыт должен быть повторен дважды.

Средняя величина из двух определенных осадки конуса (в сантиметрах) принимается за меру консистенции раствора.

Определение прочности раствора. Определение прочности раствора производится в лабораторной обстановке путем раздробления пробных образцов раствора в виде кубиков, причем кубики изготавливаются из точно такого же состава, который намечен по дозировке. Для проведения испытания в полсвой лаборатории изготавливается из каждого состава по 6 кубиков рабочей консистенции размером $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см. Кубики изготавливаются в деревянных хорошо проолифленных формах устанавливаемых на водонепроницаемых подкладках (деревянных, проолифленных или метлахских плитках) и заполняемых раствором с избытком. Через сутки избыток раствора срезается ножом. Через 48 час. после затворения кубики освобождаются от боковых стенок формы и еще через 24 часа по проставлению меток на кубиках они поступают в хранение. Половина образцов хранится в слегка увлажненном песке, а половина — первые 3—4 дня во влажном воздухе, остальное время — в воде.

Испытание кубиков на раздавливание производится через месяц по изготовлении. Для этого кубики заранее, за 10 дней до испытания, должны отсылаться в районную или центральную лабораторию, упакованные в ящики с сырыми опилками.

ШЛАКОВЫЕ РАСТВОРЫ

(Гранулированные доменные шлаки)

Определение. Шлаковыми растворами называются растворы, составленные из шлакового или сложного вяжущего вещества, включающего шлак, и различных заполнителей. В зависимости от видов заполнителей растворы могут быть холодные и легкие.

Виды вяжущих веществ и заполнителей. В качестве вяжущего вещества могут применяться шлаковое, известково-шлаковое, цементно-шлаковое, цементно-известково-шлаковое вещества и т. п. Применять цементно-шлаковое вяжущее вещество, дающее растворы избыточной прочности, нецелесообразно.

Шлаковый раствор представляет собою тесто из молотых шлаков двукратного помола на бегунах; при этом в первый раз шлаки перемалываются насухо, а при повторном перемолке к массе добавляется вода до получения сильно влажного теста. Целесообразно добавлять вместо воды известковое молоко такой консистенции, чтобы количество вводимой в раствор извести составляло примерно 10% по весу шлака при основном шлаке и 20—30% — при кислом шлаке. Цвет раствора — светлосерый с зеленоватым отливом; известково-шлаковый раствор имеет более светлый оттенок.

Гранулометрический состав шлаков двукратного помола по данным инж. И. П. Мирошниченко примерно следующий:

| | | | |
|-----|-------|-----------|---|
| 30% | зерен | крупности | цементной пыли (сито 4900 отв/см ²) |
| 40% | " | величиной | до 0,25 мм |
| 25% | " | | от 0,25 до 0,5 мм |
| 5% | " | | от 0,5 до 0,75 мм |

Более мелкие зерна (около 70%) являются в данном случае вяжущим веществом, а остальная масса — заполнителем.

Шлаковый раствор имеет большой объемный вес, очень жесток и с трудом сцепляется с кладкой, требуя обильного смачивания ее водой. Эти недостатки в значительной степени устраняются при добавлении к раствору извести, повышающей пластичность раствора.

В качестве заполнителей могут применяться шлаки доменные гранулированные и негранулированные, шлак котельный, песок строительный и т. д.

Свойства шлаковых растворов зависят от свойств применяемого вяжущего материала и от того, в каком виде применяется шлак, в молотом или немолотом. При употреблении для составления сложного вяжущего вещества молотого шлака при крупности зерен от 0,75 до 1,5 мм значительно повышается механическая прочность раствора при одном и том же количестве вяжущего, как это видно из нижеприводимой таблицы.

Таблица 17

Показатели прочности различных шлаковых растворов¹

| Наименование раствора | Вид шлаков | Дозировка | Временное сопротивление сжатию | |
|-----------------------------------|--|------------|--------------------------------|---------------|
| | | | Через 28 дней | Через 60 дней |
| Известково-шлаковый | Немолотый | 1 : 12 | 10 | 12 |
| " " | " | 1 : 20 | 5 | 7 |
| " " | Молотый | 1 : 20 | 30 | 24 |
| Цементно-шлаковый | Немолотый | 1 : 20 | 6 | 9 |
| " " | Молотый | 1 : 20 | 61 | 70 |
| Смешанный (цемент, известь, шлак) | Немолотый | 1 : 1 : 32 | 12 | 25 |
| " " | Молотый | 1 : 1 : 80 | 30 | 35 |
| Шлаковый | Смесь молотых шлаков двукратного и трехкратного помола | — | 26—54 | 66—94 |

Помимо тонкости помола прочность растворов зависит от количества добавленной извести и от содержания воды в растворе.

Схватывание раствора начинается примерно через 12 час. после приготовления.

Дозировка. Дозировка шлаковых растворов заданной прочности зависит от степени гидравличности применяемых шлаков, тонкости их помола, вида заполнителя, работы уплотнения и т. д. и должна в каждом отдельном случае определяться опытным путем.

Приготовление раствора. Приготовление шлаковых растворов подчиняется тем же положениям, что и известково-диатомовых растворов. Простейшим случаем является помол шлаков на тяжелых бегунах (чисто шлаковый раствор).

Применение. (См. известково-пуццолановые цементы).

Готовый раствор должен быть выработан в течение получаса, при большем сроке вылеживания его необходимо перемешивать вновь, так как происходит распадение раствора на вяжущее вещество и заполнитель.

Размол шлака может производиться на вальцах, бегунах, в специальных шлакодробилках и т. д. Для приготовления 1 м³ молотого шлака расходуется от 1,3 до 1,4 м³ немолотого шлака.

ЛЕГКИЕ (ТЕПЛЫЕ) РАСТВОРЫ

В последнее время в строительстве переходят на кладку стен облегченной и утоненной конструкции, используя для этой цели как обыкновенный строительный кирпич, так и различные новые строительные материалы (легкий кирпич, легкобетонные камни, пористые естественные каменные строительные материалы и т. д.). В этих случаях становится недопустимым применение обыкновенных „холодных“ растворов, которые

¹ „Строительная промышленность“ № 10 за 1930 г., стр. 755, статья инж. И. Мирощенко (во всех растворах основные шлаки).

НТБ
ДНУЖТ

и заменяются так называемыми „легкими (теплыми) растворами“ (имеющими меньший коэффициент теплопроводности).

Это требование объясняется тем, что коэффициент теплопроводности λ обычных растворов в швах кладки, не защищенных по внешней поверхности стен, значительно выше коэффициента теплопроводности обыкновенного кирпича. Так как количество раствора доходит до 30% всего объема стен, а площадь швов занимает по наружной плоскости до 20%, то вполне возможны явления промерзания раствора при достаточно хороших термических свойствах кирпича.

При применении легких растворов теплопроводность кладки снижается примерно на 20%.

Определение. Легкими (теплыми) растворами называются растворы, составленные из вяжущего вещества с добавлением к нему легких заполнителей. Объемный вес затвердевшего раствора в воздушно-сухом состоянии колеблется в пределах от 500 до 1200 кг/см³. Чем меньше объемный вес раствора, тем ниже его теплопроводность. Уменьшение объемного веса достигается введением более легких заполнителей.

Виды вяжущих веществ. Для приготовления легких растворов можно применять различные вяжущие вещества, как простые, так и сложные: различные виды цементов, сложные цементно-известковые растворы, роман-цемент, гидравлическую известь и известь с различными гидравлическими добавками, а также воздушную известь (при заполнителях, обладающих гидравлическими свойствами). Замена одних вяжущих веществ другими относительно незначительно влияет на величину объемного веса раствора, так как, с одной стороны, вяжущее вещество занимает всего от $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{3}$ объема раствора, а с другой стороны — разница в весе различных вяжущих после их твердения также невелика (исключение — различные виды клинкерных цементов).

Заполнители. В качестве легких заполнителей возможно применять: мелочь котельного и торфяного шлака, гранулированные доменные шлаки (см. „Шлаковые растворы“), туфовую и пемзовую мелочь, вулканический песок и иные легковесные материалы (см. „Легкие заполнители“), а также органические заполнители: опилки, сеяный сфагнум, высевки и т. д.

При этом следует иметь в виду, что многие легкие заполнители минерального происхождения при тонком измельчении (мельче 0,15—0,20 мм) обладают гидравлическими свойствами, что и должно быть учтено при назначении вяжущего и определении дозировки; получение же пыли при дроблении заполнителей совершенно неизбежно.

Заполнители должны состоять из зерен различной крупности: от 0,25 до 3 мм. При этом, согласно указаний проф. Е. В. Костырко, содержание пылевидных и мучнистых частиц, хотя бы они и обладали гидравлическими свойствами, при добавлении их к цементному раствору не должно превышать 15%. В противном случае прочность растворов значительно понижается.

При применении органических заполнителей целесообразно в целях достижения большей прочности и уменьшения осадки раствора употреблять смешанный заполнитель: песок-опилки, шлак-опилки. В первом случае возможно соотношение компонентов 30—40 и 60—70% и во втором случае — 35—45 и 55—65% (по объему).

Объемный вес смешанного заполнителя не должен превышать 600 кг/см³.

Свойства. Объемный вес. Чем меньше объемный вес, т. е. чем легче применяемые заполнители, тем лучше теплотехнические свойства раствора. Пределы колебаний объемного веса указаны выше.

Объемный вес раствора может быть определен как среднее от взвешивания 3 плиток размером 20 × 20 × 7 см или кубиков 7 × 7 × 7 см

при предварительной естественной воздушной сушке образцов в течение 1 мес.

Термические свойства легких растворов должны быть не хуже, но по возможности даже и лучше таковых же кирпича обыкновенного и легкого, легкобетонных камней, пористых каменных материалов и т. д.

Для сравнения приводим коэффициенты теплопроводности некоторых холодных и теплых растворов.

Таблица 18
Теплопроводность растворов

| Наименование раствора | Объемный вес | Коэффициент теплопроводности |
|---------------------------------|--------------|------------------------------|
| Цементно-известково-песчаный | 1 800 | 1,25 |
| Цементно-известково-шлаковый | 1 250—1 300 | 0,42—0,45 |
| Известково-диатомово-песчаный | 1 600 | 0,50 |
| „ „ шлаковый | 1 200 | 0,40 |
| Известково-цементно-песчаный | 1 800 | 0,75 |
| „ „ шлаковый | 1 250 | 0,40 |
| Известково-алебастрово-песчаный | 1 700 | 0,60 |
| „ „ шлаковый } штукатурка | 1 150 | 0,30 |

Механические свойства. Прочность легких растворов теоретически должна быть меньше прочности холодных растворов такой же дозировки, вследствие меньшей собственной прочности легкого заполнителя, чем песка. Но это обстоятельство смягчается, с одной стороны, возможной гидравлическостью заполнителя, что приводит к повышению прочности раствора, а, с другой, — лучшим сцеплением вяжущего с шероховатой поверхностью заполнителей. В результате взаимодействия этих факторов прочность легких растворов, с минеральным заполнителем, обладающим гидравлическими свойствами, хотя бы слабо выраженными, превышает прочность холодных растворов.

Прочность легких растворов с органическим заполнителем значительно ниже прочности растворов с минеральным заполнителем. Поэтому при употреблении органических заполнителей, а также когда заполнители не обладают гидравлическими свойствами (например керамзит) или когда их гидравлическость незначительна (котельные шлаки), необходимо применять взамен извести различные сложные вяжущие вещества (известь плюс цемент, известь плюс диатом и т. д.).

Конечная прочность различных теплых растворов устанавливается путем соответствующих лабораторных испытаний.

Благодаря своей пористости образец теплого раствора, взятый в руки, легко крошится; это обстоятельство не может быть критерием для оценки прочности раствора, и суждение о последней может быть вынесено лишь в результате лабораторных испытаний.

Процесс схватывания шлаковых и тому подобных растворов происходит аналогично схватыванию песчаных растворов.

Дозировка состава растворов. Как уже упоминалось выше, прочность легких растворов в ряде случаев превышает таковую же холодных. Та им образом возможно распространение на дозировку легких растворов тех же положений, которые действительны в отношении холодных растворов. При этом необходимо учитывать наличие у ряда легких заполнителей каверн на поверхности, куда забивается вяжущее. Вследствие этого приходится идти на некоторое ужирнение растворов. Отношение же растворов, по сравнению с холодными, может иметь место только в случае резко выраженной гидравлическости заполнителей.

НТБ
ДНУЖТ

При назначении состава легких растворов с органическим наполнителем необходимо исходить из желательного объемного веса раствора и действительного объемного веса смешанного наполнителя (см. выше „Заполнители“), подбирая при этом соответствующий водовязущий фактор и процент соотношения песчаного и опилочного материала в смешанном наполнителе.

Отделом рационализации Заводстроя рекомендован следующий основной рецепт: 1:1:6 (цемент, известковое тесто, смешанный наполнитель). В случае применения песчаного материала, обладающего сильными гидравлическими свойствами, можно применять более тощие дозировки. Оптимальным водовязущим фактором для этой дозировки является 0,8—0,9.

К легким растворам довольно часто относят известково-диатомовое сложное вяжущее вещество. Это нельзя признать правильным, так как трепела и диатомы при их измельчении дают обычно столь большое количество пылевидных частиц, что количество легкого наполнителя среди них является относительно незначительным. В результате получаются очень жирные смеси, трудно сохнущие и растрескивающиеся, и для образования раствора необходимо добавлять наполнители. Если будет добавлен песок, то получится холодный раствор, а при добавлении легких наполнителей мы будем иметь теплые (легкие) растворы.

Приготовление растворов. Растворы могут готовиться ручным способом и в растворомешалках. Предпочтительно механизированное приготовление.

При приготовлении цементно-известково-шлаковых растворов производится предварительно смешение цемента и шлака и последующее добавление извести в виде известкового молока.

Приготовление известково-диатомовых растворов описано в соответствующем разделе книги.

Время перемешивания для легких растворов с органическими наполнителями увеличивается в $1\frac{1}{2}$ раза по сравнению с легким раствором на минеральном наполнителе (4,5 мин.). Перед приготовлением раствора предварительно составляется сложный наполнитель или на бойке или в специальном смесительном барабане.

На боек насыпается слой песчаного наполнителя толщиной в 10 см, после чего боек покрывается равномерным слоем органического наполнителя, и смесь тщательно гарцуется до получения вполне однородной и одноцветной массы.

В случае необходимости ручного приготовления раствора смешанный наполнитель затворяется в ящиках известково-цементным молоком, полученным от разбавления необходимого объема известкового теста и цемента водой.

Применение. Методы применения легких растворов таковы же, что и обыкновенных строительных растворов (исключение — растворы с органическим наполнителем). Применение легкого раствора на известково-диатомовом вяжущем веществе подчиняется тем же правилам, что известково-диатомово-песчаных растворов. Следует лишь учитывать возможность значительной осадки кладки на легких растворах.

Расход легкого раствора на обычную кладку толщиной в $1\frac{1}{2}$ и 2 кирпича идентичен расходу обычного раствора. При кладке в $1\frac{1}{2}$ кирпича с уширенным вертикальным швом, на 1 м² кладки расходуется 0,148 м³.

Преимуществом применения легких растворов является возможность утонения кирпичных стен на полкирпича (например с $2\frac{1}{2}$ до 2, с 2 до $1\frac{1}{2}$) во всех тех случаях, когда расчет прочности и устойчивости стен допускает возможность этого. Мосстройобъединением разработана система кладки в $1\frac{1}{2}$ кирпича на легком растворе при уширении вертикального шва до 5 см.

В том случае, если по соображениям статического расчета утонение

стен не представляется возможным, применение легких растворов невыгодно, так как удорожание раствора (см. „Экономика“) не компенсируется сокращением расхода топлива на отопление.

На легких растворах должны класться как наружные, так и внутренние стены; в противном случае возможна неравномерная осадка. Если же внутренние стены кладутся на холодном растворе, то в местах сопряжений наружных стен с внутренними теплый раствор должен заходить в кладку внутренних стен на 1 кирпич.

Швы лицевой поверхности наружных стен (если здание не штукатурится) должны быть расшиты легким раствором (исключением является раствор с органическим заполнителем). При невозможности правильной расшивки швов, вследствие жидкой консистенции раствора, быстрого его сгущения и выкрашивания, необходимо добавлять в раствор песок. При растворе с органическим заполнителем наружные швы должны затираться обычным цементно-известково-песчаным раствором, так как в противном случае возможно изменение объема заполнителя и разбухание и загнивание в части раствора, прилежащего к наружной стороне.

Ввиду большой осадки кирпичных стен, сложенных на растворе с органическим заполнителем, высота кирпичной кладки не должна превышать, по указаниям Бюро рационализации Заводстроя, 6 м.

Легкий раствор с органическим заполнителем во избежание загнивания заполнителя не рекомендуется применять в сырых местах при кладке подземных стен во влажных грунтах и в наружной облицовке цоколей строения и т. д. без устройства специального защитного для кладки слоя.

Экономика смешанных, известково-пуццолановых и легких растворов ¹.

Для того чтобы иметь ясное представление об экономике известково-пуццолановых и легких растворов и о целесообразности их внедрения в строительство с народно-хозяйственной точки зрения, необходимо выявить: стоимость растворов, влияние применения того или иного раствора на стоимость строительной единицы (хотя бы 1 м² кладки), экономию в расходе материалов, рабочей силы и топлива и наконец экономию в расходе транспорта.

Нижеприводимые таблицы дают ответ на затронутые вопросы. Таблицы составлены в предположении: а) применения известково-диатомово-песчаных и известково-диатомово-шлаковых растворов при мокром помеле диатома; б) толщины стен на легком растворе в 2 и 1½ кирпича (с уширенным швом); в) глухих стен под расшивку; г) теплой штукатурки утоненных стен.

Нижеприводимые таблицы дают также представление о расходе материалов на изготовление 1 м³ различных растворов и на 1 м² кладки различной толщины, сложенной на различных растворах.

Таблица 19

Расход материала на различные виды растворов на 1 м³

| Род раствора | Цемент в кг | Известковое тесто | | Диатомовое тесто | | Шлаковый песок | | Песок | | Итого в кг на 1 м ³ раствора |
|-----------------------------|-------------|-------------------|-------|------------------|-------|------------------|------|------------------|--------|---|
| | | в м ³ | в кг | в м ³ | в кг | в м ³ | в кг | в м ³ | в кг | |
| Легкий 1:1,5:7. | — | 0,179 | 125,3 | 0,268 | 214,4 | 1,25 | 1260 | — | — | 1599,7 |
| „ 1:2:16. | 115,26 | 0,156 | 109,2 | — | — | 1,25 | 1260 | — | — | 1484,75 |
| Холодный цементный 1:1:11. | 135,77 | 0,092 | 64,6 | — | — | — | — | 1,01 | 1616 | 1816,37 |
| Холодный цементный 1:1,5:7. | — | 0,143 | 100,1 | 0,214 | 171,2 | — | — | 1,01 | 1616 | 1887,3 |
| Легкий 1:3. | — | 0,416 | 291,2 | — | — | 1,25 | 1260 | — | — | 1551,2 |
| Холодный 1:3. | — | 0,379 | 253,3 | — | — | — | — | 0,946 | 1513,6 | 1766,9 |

¹ По данным сектора экономики строительства ВИС. Расход материалов и раствора, равно как и цены, взяты ВИСом из практики Мосстройобъединения (данные 1931 г.)

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 20
Расход материала на легкий и холодный раствор, потребный на 1 м² кладки различной толщины

| На каком растворе кладка | Толщина стены в кирпичах | Расход материала на раствор в кг | | | | | Итого материала в кг |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------|--------|--------|-------|----------------------|
| | | цемент | известь | диатом | шлак | песок | |
| Легкий 1:1:16 | 2 | 17,07 | 16,1 | — | 186,48 | — | 219,65 |
| 1:2:16 | 1 1/2 | 17,07 | 16,1 | — | 186,48 | — | 219,65 |
| " 1:1,5:7 | 2 | — | 18,2 | 32,0 | 186,48 | — | 236,68 |
| " 1:1,5:7 | 1 1/2 | — | 18,2 | 32,0 | 186,48 | — | 236,68 |
| Холодный 1:1:11 | 2 1/2 | 25,25 | 11,9 | — | — | 300,8 | 337,95 |
| 1:1,5:7 | 2 1/2 | — | 18,9 | 32,0 | — | 300,8 | 351,70 |
| 1:3 | 2 1/2 | — | 49,34 | — | — | 281,5 | 330,84 |

Таблица 21
Стоимость 1 м³ различных растворов в рублях (с начислениями)

| Род раствора | Состав | Стоимость 1 м ³ раствора | | | Итого в рублях | Примечание |
|--|---------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|---|
| | | стоимость материала | на предварительную обработку мат. | работы на приготовление раствора | | |
| Легкий известково-диатомовый | 1:1,5:7 | 30,95 | 6,02 | 0,57 | 37,54 | Приняты цены: шлак педробленный франко пост. 10 р. 09 к., диатом комовый 16 руб/м ³ и известь негашеная 30 руб/т |
| Легкий цементный | 1:2:16 | 29,77 | 4,60 | 0,74 | 35,11 | |
| Холодный известковый | 1:3 | 16,43 | 0,27 | 0,57 | 17,27 | |
| " известково-диатомовый | 1:1,5:7 | 16,03 | 1,23 | 0,57 | 17,83 | |
| Холодный цементный | 1:1:11 | 16,33 | 0,07 | 0,74 | 17,14 | |

Из табл. 21 видно, что легкие растворы более чем вдвое дороже холодных растворов. Это объясняется исключительно дороговизной предварительной обработки шлака (дробление) и дороговизной шлака как сырья. В таблице показано также превышение стоимости бесцементного раствора над цементным (17 р. 83 к. и 17 р. 14 к.). Это превышение является минимальным, так как калькуляция бесцементного раствора построена на основе преувеличенных и подлежащих снижению цен за диатом (сырье и мокрый помол) и шлак. („Идеальная“ калькуляция, построенная на основе нормальных цен, дает стоимость 1 м³ известково-диатомово-песчаного раствора в 16 р. 01 к. против 17 р. 14 к., т. е. на 70% дешевле, и стоимость известково-диатомово-шлакового раствора в 32 р. 17 к. против 37 р. 54 к., т. е. на 14,5% дешевле).

Но нас интересует не стоимость раствора, как такового, а стоимость конструкции, которая может быть выполнена при применении данных растворов. Нижеприводимые таблицы дают материал по этому вопросу.

Таблица 22
Сравнительная стоимость 1 м² стены из кирпича на различных растворах (в рублях и процентах)

| Род раствора | Состав раствора | Толщина кладки в кирпичах при одинаковой теплозащ. | Стоимость | | | | Примечание |
|--------------------------|-----------------|--|-----------|----------|--------|-------|-------------------|
| | | | кладки | раствора | итого | | |
| | | | | | в руб. | в % | |
| Холодный бесцементный | 1:1,5:7 | 2 1/2 | 17,39 | 3,31 | 20,70 | 100,0 | Штукат. 1 холодн. |
| " цементный | 1:1:11 | 2 1/2 | 17,37 | 3,20 | 20,57 | 99,0 | |
| Теплый бесцементный | 1:1,5:7 | 2 | 14,30 | 5,56 | 19,86 | 96,0 | Штукат. 1 тепл. |
| " цементный | 1:2:16 | 2 | 14,03 | 5,19 | 19,22 | 22,8 | |
| " бесцементный | 1:1,5:7 | 1 1/2 | 10,96 | 5,56 | 16,52 | 79,0 | |
| " цементный | 1:2:16 | 1 1/2 | 10,84 | 5,19 | 16,03 | 77,4 | |

В цифры стоимости бесцементных растворов следует при этом внести поправку на идеальную калькуляцию.

Из таблицы видно, что стоимость кладки на цементном и бесцементном растворах при условии идентичной толщины примерно одинакова. Кладка на легком растворе толщиной в 2 кирпича дает экономию по сравнению с обыкновенной кладкой в 2½ кирпича 4—8% и толщиной в 1½ кирпича в 21—23%. Экономия в кирпиче выражается в первом случае в 20% во втором случае в 40%.

Дальнейшие таблицы 23 и 24 дают представление о расходе рабсилы в человекочасах на 1 м³ раствора и на 1 м² стены, сложенной на различных растворах, включая штукатурку и откосы.

Таблица 23

| Род растворов | Состав раствора | Приготовл. растворов | На предв. обр. мат. | | | Итого | Рабсила на пригот. раств на 1 м² стены | | |
|---------------|-----------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------|-------|--|-------------|--------------|
| | | | на гаш. извести | размол трепела | дроблен. шлака | | в 1½ кирпича | в 2 кирпича | в 2½ кирпича |
| Теплый | 1:2:16 | 1,72 | 0,27 | — | 5,21 | 7,20 | 1,06 | 1,06 | — |
| • | 1:1,5:7 | 1,33 | 0,30 | 1,43 | 5,21 | 8,27 | 1,22 | 1,22 | — |
| Холодный | 1:1:11 | 1,72 | 0,16 | — | — | 1,88 | — | — | 0,35 |
| • | 1:1,5:7 | 1,33 | 0,24 | 1,14 | — | 2,71 | — | — | 0,50 |
| • | 1:3 | 1,33 | 0,61 | — | — | 1,97 | — | — | 0,36 |
| • | 1:3 | 1,33 | 0,71 | — | 5,21 | 7,25 | — | — | — |

Таблица 24

| Род раствора | Состав | Толщина стены в кирпичах при одинаковой теплозащит. | Расход рабсилы на 1 м³ в человекочасах | | | | | | в % |
|-----------------------|---------|---|--|------------|---------------|-----------|-------|-------|-----|
| | | | на клад. и подноску | на раствор | на штукатурку | на откосы | итого | | |
| Холодный бесцементный | 1:1,5:7 | 2½ | 4,43 | 0,50 | 0,64 | 0,47 | 6,04 | 99 | |
| Теплый бесцементный | 1:2,5:7 | 2 | 3,63 | 1,22 | 0,93 | 0,32 | 6,10 | 100,0 | |
| Холодный цементный | 1:1:11 | 2½ | 4,43 | 0,37 | 0,64 | 0,47 | 5,91 | 96,9 | |
| Теплый цементный | 1:2:16 | 2 | 3,63 | 1,07 | 0,93 | 0,32 | 5,95 | 97,5 | |
| • бесцементный | 1:4,5:7 | 1½ | 3,10 | 1,22 | 0,93 | 0,12 | 5,37 | 87,8 | |
| • цементный | 1:2:16 | 1½ | 3,10 | 1,07 | 0,93 | 0,12 | 5,22 | 85,6 | |

В табл. 25 приведены данные о расходе условного топлива при приготовлении растворов на 1 м³ раствора и на 1 м² кладки и в табл. 26 — данные о расходе условного топлива на 1 м² кладки, включая кирпич и раствор.

Таблица 25

| Род растворов | Состав | Расход топлива в кг на 1 м³ раствора | | Итого | Толщина стены в кирпичах | Расход раствора в м³ | Расход топлива на 1 м стены в кг |
|---------------|---------|--------------------------------------|---------------|-------|--------------------------|----------------------|----------------------------------|
| | | обжиг извести | обжиг цемента | | | | |
| Легкий | 1:2:16 | 21,8 | 21,0 | 42,8 | 2 | 0,148 | 6,33 |
| | 1:1,5:7 | 25,0 | — | 25,0 | 1½ | 0,148 | 3,70 |
| Холодный | 1:1:11 | 14 | 26,8 | 40,8 | 2 | 0,186 | 7,59 |
| | 1:1,5:7 | 21,9 | — | 21,9 | 1½ | 0,186 | 4,07 |

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 26

| Род раствора | Состав | Толщина стен | Расход условного оплива | | Итого в кг | В % |
|--------------------------|---------|-----------------|----------------------------|---------------|---------------|------|
| | | | на кирпич | на раствор | | |
| Холодный цементный . . . | 1:1:11 | 2 $\frac{1}{2}$ | 57,18 | 7,59 | 64,77 | 100 |
| " бесцементный | 1:1,5:7 | 2 $\frac{1}{2}$ | 57,18 | 4,07 | 61,25 | 94,5 |
| Легкий цементный . . . | 1:2:16 | 2 | 45,50 | 6,33 | 51,83 | 80,0 |
| " бесцементный | 1:1,5:7 | 2 | 45,50 | 3,70 | 49,20 | 75,9 |
| " цементный . . . | 1:2:16 | 1 $\frac{1}{2}$ | 35,12 | 6,33 | 41,45 | 64,6 |
| " бесцементный | 1:1,5:7 | 1 $\frac{1}{2}$ | 35,12 | 3,70 | 38,82 | 59,9 |

И наконец табл. 27 показывает расход гужевого транспорта при кладке 1 м² стены на различных растворах (в коне-днях):

Таблица 27

| Род раствора | Состав | Толщина на стены в штуках | Вес мате- риала в кг | Потребность в гуже- вом транспорте в лошаденях | | Итого в лошаде- днях | В % |
|---------------------------|---------|---------------------------------|-------------------------------|--|---------------|----------------------------|------|
| | | | | на кирпич | на раствор | | |
| Холодный бесцементный . . | 1:1,5:1 | 2 $\frac{1}{2}$ | 1154 | 0,36 | 0,14 | 0,50 | 100 |
| " цементный | 1:1:11 | 2 $\frac{1}{2}$ | | 0,36 | 0,13 | 0,49 | 98 |
| Легкий бесцементный . . . | 1:1,5:7 | 2 | 919 | 0,30 | 0,09 | 0,39 | 75 |
| " цементный . . . | 1:2:16 | 2 | | 0,30 | 0,08 | 0,38 | 74,5 |
| " бесцементный | 1:1,5:7 | 1 $\frac{1}{2}$ | 690 | 0,21 | 0,09 | 0,30 | 60 |
| " цементный | 1:2:16 | 1 $\frac{1}{2}$ | | 0,21 | 0,08 | 0,29 | 58 |

Обобщая данные, приведенные в вышепомещенных таблицах, можно сделать следующие выводы.

а) Применение известково-диатомового раствора значительно снижает потребность в цементе (17,17 кг на 1 м² кладки) и в то же время приводит к некоторому удешевлению строительства (при тех ценах, которые имели место в 1931 г.).

б) Применение легких растворов (цементных и бесцементных) дает удешевление строительства примерно на 4,5% (22% снижения стоимости стен, составляющих 21% от стоимости сооружений — 4,62%), при одновременной экономии в кирпиче (20 и 40%), рабсиле (от 2,5 до 14,0%), топливе (от 20 до 40%), гужтранспорте (от 25 до 42%) и облегчении фундаментов.

Денежная экономия при применении легких растворов будет еще значительно при рационализации предварительной обработки заполнителей (сбор и дробление шлака и т. п.), к чему имеются достаточные предпосылки.

ГЛАВА III

СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К стеновым материалам относятся: некоторые естественные каменные строительные материалы (пористый известняк, ракушечник, туф), кирпич обыкновенный строительный, кирпич известково-песчаный (силикатный), кирпич пустотелый, кирпич пористый, кирпич трепельный, литые силикатные блоки, легкобетонные камни с минеральными и органическими наполнителями, искусственно-пористые бетоны (газобетон, пенобетон), изделия из безобжиговой глины и т. д.

Для того чтобы пойти правильным путем в отборе наиболее рентабельных для строительства и народного хозяйства стеновых материалов, необходимо выяснить, какие требования с конструктивной точки зрения предъявляются к стенам и следовательно к предназначенным для возведения стены материалам.

Основные требования, предъявляемые к стенам, заключаются в следующем:

1. Толщина стен не должна превышать требуемой по статическому расчету: иначе говоря, должно быть разрешено противоречие между теплоизоляционными свойствами материала и его прочностью.

2. Вес строительной единицы (1 м² кладки) должен быть наименьшим.

3. Стены должны состоять из таких составных элементов, которые допускают их скорейшее возведение путем механизации процесса кладки.

Из рассмотрения этих основных положений можно сделать вывод, что кирпич обыкновенный строительный и известково-песчаный нельзя считать наилучшими материалами (см. подробно вводную главу). Основными недостатками являются, во-первых, большой объемный вес кирпича, обуславливающий его неудовлетворительные теплоизоляционные свойства, и, во-вторых, его небольшие размеры, обуславливающие затруднительность механизации рабочих процессов.

Но в то же время необходимо признать, что механическая прочность кирпича, глиняного и известково-песчаного, как материалов, получающихся в результате обжига и запарки под повышенным давлением, значительно выше прочности подавляющего большинства вышеперечисленных материалов.

Следует ли думать, что из-за этого преимущества (т. е. механической прочности), кирпич должен навсегда сохранить то господствующее положение, которое он занимал до последнего времени? Об этом отчасти уже говорилось в вводной главе, здесь мы добавим следующее:

Как известно, по своей конструкции стены могут быть разделены на две основные группы:

1. Стены в виде массивов, служащие одновременно и конструкцией, воспринимающей вес перекрытий и крыш здания, и теплоизоляционным ограждением.

2. Стены каркасного типа с отдельными функциями конструкций и ограждающих поверхностей; в этом случае фахверк может быть в виде железобетонного, стального или деревянного скелета или в виде отдельных кирпичных столбов.

Отсюда видно, что высокая прочность не является безусловно необходимым и всегда равно обязательным свойством стеновых материалов, так как напряжения в кладке несущих стен или заполнений каркасов совершенно различны. Если же учесть, что и в несущих стенах напряжения бывают различны в зависимости от этажности и наличия динамических нагрузок, то станет понятно, что в строительстве могут быть использованы материалы любых прочностей, лишь бы они не давали боя при перевозке, в пределе — способные выдержать лишь собственный вес.

Таким образом можно считать доказанным, что при соответствующей конструкции стен в строительстве могут находить применение материалы невысокой прочности и меньшая, чем у кирпича прочность новых строительных материалов не может служить препятствием к их применению для возведения наружных и внутренних стен.

Для того чтобы провести отбор дальше и выявить рентабельность того или другого из новых стеновых материалов, необходимо установить, в чем заключаются основные различия между ними как по технологическим признакам, так и по свойствам. По технологическим приемам производства все новые (и местные) материалы можно разделить на две основные группы: материалы обжиговые и безобжиговые. К группе обжиговых материалов относятся легковесные кирпичи (трепельный и пористый). Прочность этих материалов обычно выше, чем безобжиговых материалов (исключение — силикакальцит), но, как уже указывалось выше, механическая прочность не имеет безусловного значения. В то же время производство обжиговых материалов сопряжено с весьма большой затратой топлива, неблагоприятно отражающейся на топливном балансе СССР. Правда, при производстве безобжиговых материалов затрата топлива также имеет место или при изготовлении вяжущих материалов или при проведении технологических процессов (например пропаривание), но в конечном итоге она значительно меньше, чем при производстве легковесного кирпича.

Это обстоятельство, равно как и неустраняемая малая размерность кирпича, не дают возможности рассчитывать на особо широкое применение легковесного кирпича, и согласно постановления ЦКК РКИ от 29 марта 1931 г. (см. подробно вводную главу) основная установка должна быть взята на производство безобжиговых материалов.

Последние в свою очередь возможно подразделить на следующие подгруппы:

1) материалы, получающиеся путем запарки под давлением (литые силикатные блоки), и

2) материалы, получающиеся путем запарки при атмосферном давлении или путем воздушного вызревания. К этой группе относятся: легкобетонные камни с минеральным и органическим заполнителем, искусственно-пористые бетоны, безобжиговые глиняные изделия и естественные каменные строительные материалы.

По несложности технологического процесса и требующегося оборудования, равно как и по возможности их конструктивного применения, наибольшие перспективы развития производства имеют легкобетонные камни.

Основными преимуществами легкобетонных камней по сравнению с кирпичом являются следующие:

1. С точки зрения народного хозяйства: возможность использования местных материалов для их изготовления, значительное снижение стоимости строительства при одновременном сокращении потребности в производ-

стиенной рабсиле, чрезвычайно большое сокращение капиталовложений и строительство новых предприятий и т. д.

2. С точки зрения строительной: уменьшение веса конструкций, сокращение потребности в строительной рабсиле и строительных растворах, снижение потребности в железнодорожном и гужевом транспорте и т. д.

Естественные каменные строительные материалы, обладающие большим объемным весом (исключением является вулканический туф и ракушечник), недостаточно транспортабельны, добыча их весьма трудоемка и кладка из них обходится дороже, нежели кладка из искусственных камней, в связи с чем перспективы их применения относительно невелики.

ОБЖИГОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Легковесный (эффективный кирпич)

Легковесным или эффективным кирпичом называется кирпич, имеющий меньший объемный вес, чем обыкновенный строительный кирпич, и обладающий в силу этого лучшими теплозащитными свойствами. К легковесным кирпичам относятся: трепельный, глино-трепельный, трепельно-пористый, глинопористый, пустотелый и т. д.

Возможности применения легковесного кирпича в строительстве, как это будет указано ниже, достаточно широки и развитие его производства на базе существующих заводов по производству обыкновенного строительного кирпича является одним из условий осуществления реконструкции строительства.

Проблема производства легковесного кирпича основана на применении для его изготовления пористых материалов или же искусственного создания этой пористости, путем включения в обжигаемый материал выгорающих добавок. Кроме того облегчение кирпича достигается путем механического образования в массе кирпича вертикальных или горизонтальных пустот (пустотелый кирпич).

В качестве пористых материалов для изготовления легковесного кирпича применяются диатомовые земли; в качестве выгорающих добавок — опилки, торфяная мелочь, крошка бурого угля и т. д.

Термоизоляционные свойства легковесного кирпича (диатомового или пористого) объясняются наличием воздуха в замкнутых порах кирпича. Как известно, узкие воздушные прослойки являются наилучшим термоизолятором; поэтому легковесный кирпич обладает малым коэффициентом теплопроводности.

Прочность легковесного кирпича меньше прочности обыкновенного кирпича, но это обстоятельство конечно не является препятствием к применению легковесного кирпича. Толщина стен из сплошного легковесного кирпича колеблется от 1 до 1½ кирпичей.

Диатомовый кирпич

Возможно изготовление глино-диатомового, диатомово-глиняного (называемого так в том случае, если добавка диатома более 50% по объему), диатомового, глино-диатомово-пористого, диатомово-пористого и тому подобного кирпича. Добавка к диатомам глины, повышающей объемный вес кирпича и ухудшающей его теплоизоляционные свойства, в большинстве случаев, имеет место при изготовлении кирпича на привозном диатоме и производится с целью удешевления продукта. С точки же зрения производственной введение в диатомовую массу глины является ненужным и вредным, так как оно обуславливает необходимость более тщательного перемешивания массы и повышение расхода топлива. Повышение же объемного

веса может быть нейтрализовано добавлением опилок (глино-диатомово-пористый кирпич).

Свойства. В табл. 28 приведены основные характеристики диатомового кирпича из сырья различных месторождений по сравнению с обыкновенным и известково-песчаным кирпичом.

Таблица 28

| Месторождение сырья | Объемный вес в кг/м ³ | Коэффициент теплопроводности | Временн. сопротивление сжатию в кг/см | Водонасыщение по весу в % | Испытание на замораживание | Звукопоглощаемость | |
|--|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--|--|----------------|
| Из ново-лялинского диатомита | 0,75—0,8 | 0,1 —0,13 | | 50—70 | | | |
| Из камышловского диатомита | 0,1 | 0,2 | | 46—50 | | | |
| Из ирбитского диатомита | 1,15—1,26 | 0,15 | 100—200 | 51 | Как правило, выдерживает 25-кратное испытание на замораживание | Абсолютная поглощаемость звука при толщине стены в 20 см | |
| Из троицкого трепела | 1,3 —1,35 | | | 45—46 | | | |
| Из дабужского трепела | 0,63—1,36 | 0,22—0,29 | 47—73 | 70 | | | |
| Из дабужского трепела + 15% опилок | 0,60—0,97 | | | | | | |
| Из изьенского диатомита | 0,79—1,07 | 0,1 —0,15 | 70—100 | 60—75 | | | |
| Из кутейниковского трепела | 0,97—1,15 | | 55—75 | | | | |
| Из кисатибского трепела | 0,6 —0,7 | | 21—53 | | | | |
| Кирпич из хотьковской опоки | 1,20—1,30 | | 70—130 | 33,7—36,7 | | | |
| Термоизоляц. треп.-пористый кирпич | 0,22—0,6 | 0,04—0,1 | 2,5—5 | | | | Не выдерживает |
| Обыкновенн. строительный кирпич | 1,6 —1,8 | 0,55—0,57 | 60—150 | 8—15 | | | Выдерживает |
| Известково-песчаный кирпич | 1,7 —1,8 | 0,62—0,64 | 80—140 | 10—20 | Ведет себя неодинаково | | |

Колебания объемного веса кирпича зависят от объемного веса сырья и температуры обжига. С повышением последней происходит увеличение объемного веса (частичное спекание).

Ряд испытаний диатомового кирпича из различных месторождений показал, что временное сопротивление сжатию в насыщенном водой состоянии больше, чем сухого кирпича. Исчерпывающего объяснения этот факт до сего времени не получил.

Добавление глины к диатому не отражается на механической прочности кирпича. Помимо этого опытами установлено, что добавление к диатомовой или глино-диатомовой массе незначительного количества опилок (10—15%), связанное с уменьшением объемного веса кирпича, не влечет за собой одновременного уменьшения прочности фабриката, как это имеет место при изготовлении глинопористого кирпича.

Что касается термоизоляционного диатомово-пористого кирпича, то низкая прочность последнего (меньше 15—20 кг/см²) не дает возможности рассматривать его как строительный материал. В том случае если в результате рационализации производственных процессов будет достигнута большая прочность (в этом направлении ведутся работы Уральской областной станцией по рационализации строительства), то термоизоляционный

диатомнопористый кирпич с объемным весом 0,5—0,6 явится прекрасным материалом для заполнения рамных конструкций.

Коэффициент теплопроводности диатомового кирпича в значительной мере зависит от силы прессования; если последнее настолько велико, что в диатомите произойдет частичное разрушение панцирей, то теплопроводность кирпича значительно повысится.

Как видно из табл. 28 диатомовый кирпич выдерживает стандартное испытание на замораживание. Иногда наблюдающаяся неустойчивость диатомового кирпича во время испытаний на морозостойкость должна быть объяснена неудовлетворительной проработкой массы перед ее формованием (наличие кусочков диатома, извести и т. д.).

Водонасыщение опочного кирпича значительно меньше, чем у диатомового кирпича, выражаясь в 28—35%. Что же касается последнего, то его водонасыщение довольно сильно колеблется (75—145)%, обязательно колеблясь при введении в шихту выгорающих примесей.

Цвет кирпича по сравнению с обыкновенным кирпичом несколько светлее.

Износостойкость диатомового кирпича значительно выше, чем обыкновенного строительного кирпича.

Размеры. Диатомовый и глино-диатомовый кирпич изготавливаются размером $250 \times 120 \times 65$ мм; размеры термоизоляционного кирпича различны и определяются потребностью. Поскольку возможная толщина стены зависит исключительно от величины объемного веса материала, то объемные веса диатома в различных месторождениях неодинаковы, поэтому целесообразно изготавливать кирпич не стандартных размеров, а размеров, соответствующих той толщине стены, которая возможна при использовании диатома данного месторождения, тем более, что работами Уральской областной станции по рационализации строительства, а также Кирпичстроя и Индустростреста доказана возможность производства обожженных диатомовых камней значительно большего размера, а именно: $370 \times 250 \times 120$ мм, $400 \times 200 \times 120$ мм и т. п. Переход же на производство камней большего размера связан с уменьшением расхода раствора.

Производство различных видов диатомового кирпича. Формовка. Наиболее важным моментом производства диатомового кирпича до последнего времени являлся вопрос о формовке кирпича и о предварительной подготовке массы. Существовало мнение, что изготовление диатомового кирпича в силу затруднительности размола комового диатома в кирпичеделательном агрегате возможно почти исключительно на молотом (после предварительной просушки) диатоме, а в случае работы на комовом диатоме обязательно введение в состав кирпичеделательного агрегата бегунов. Работами Уральской областной станции по рационализации строительства¹ и в особенности — Кирпичстроя² доказана неосновательность этой точки зрения и установлена полная возможность формовки диатомового кирпича на обыкновенном кирпичеделательном агрегате завода „Красный Октябрь“.

На стадии предварительной подготовки диатома наибольшее значение имеет правильное увлажнение во время переминания. Потребность в задельной воде для различных диатомитов колеблется в весьма широких пределах: от 70,0 до 105,0% и выше и может быть установлена лишь опытным путем.

Пучение массы, обычно наблюдающееся при формовании диатомового кирпича (а также при прессовке), объясняется тем, что при прессовании сжимается воздух, находящийся в порах, а после выхода ленты из пресса воздух начинает давить изнутри, и пытаясь выйти через поры, пучит сырец. Поэтому при уменьшении скорости хода ленты, пытаясь воздух имеет возможность постепенного выхода при постепенно снижающемся давлении, уменьшается и пучение, вплоть до полного его исчезновения. Пучение сырца может быть устранено конструктивными изменениями мундштука, а именно: его укорочением (уменьшение пути давления) и изменением поперечного сечения (устройство вогнутости мундштука).

Из-за большого количества влаги в сырце диатомового кирпича часто наблюдаются деформации сырца (похожие на выпучивание), что является следствием неумелой и неаку-

¹ „Вопросы реконструкции строительства“, вып. 1, Уральской областной станции по рационализации строительства.

² „Строительные материалы“ № 1 за 1931 г., статья инж. Н. Г. Чибуновского и В. И. Мухоморова.

ратной отборки сырца с резательного столика. Получающиеся замятины почти неизбежны и количество их тем больше, чем дольше длится процесс съемки сырца со столика.

Ручное формование диатомового сырца столь же возможно, как и машинное. Необходимо лишь обязательное переминание диатомита в глиномялках.

При ручной формовке весьма ценным обстоятельством является отсутствие пучения, что объясняется незначительностью применяемого давления.

При изготовлении кирпича из опоки (плотный трепел) необходим ее размол как при машинном, так и при ручном формовании (прохождение через сито с 100 отв/см^2).

Выгодной стороной производства диатомового кирпича является то, что производительность кирпичеделательного агрегата повышается в среднем на 20%, с одновременным уменьшением износа трущихся частей (ножи в топшнейдере). Затрата энергии, вследствие большого разжижения формируемой массы, также снижается примерно на 20%.

Сушка. По наблюдениям Кирпичстроя, естественная сушка диатомового кирпича протекает быстрее, чем обыкновенного кирпича, почему и оборачиваемость сушильных сараев соответственно увеличивается (в $1\frac{1}{2}$ —2 раза). Искусственная сушка протекает также значительно быстрее, чем обыкновенного кирпича (примерно вдвое)¹, и режимы, являющиеся благоприятными для диатомового сырца, как правило, являются неподходящими для обыкновенного кирпича, дающего трещины. Трещины на кирпиче появляются только тогда, когда происходит одновременно и весовая и линейная усушка: линейная же усушка диатомового кирпича заканчивается значительно ранее весовой. Это обстоятельство допускает садку недостаточно высушенного кирпича в печь без опасений за целостность сырца при выпаривании или подогреве. Обычно естественная сушка может быть прекращена через 4—5 дней (иногда 8 дней), а искусственная — примерно через 2 дня.

Обжиг. Обжиг диатомового кирпича можно производить при тех же условиях и температурах, что и красного, но желательна несколько более высокая температура обжига. Средней температурой обжига является, по данным Уральской областной станции и Кирпичстроя, 950—1050. При этой температуре обжига процент пережога и недожога снижается до минимума, и усадка составляет всего 3, максимум 5,5%. При повышении температуры выше 1200° начинается спекание, вызывающее сильное увеличение усадки, повышение объемного веса и одновременно значительное увеличение механической прочности (до 600—650 кг/см^2).

Расход топлива при обжиге диатомового кирпича, по данным Кирпичстроя, меньше, чем при обжиге обыкновенного кирпича, примерно на 35%, что объясняется меньшей затратой тепла на нагревание массы вещества в кирпиче вследствие меньшего веса диатомового кирпича. Вместе с тем производительность печи (скорость огня) значительно повышается, так как диатомовый кирпич, по сравнению с обыкновенным кирпичом, гораздо быстрее нагревается и охлаждается (опять-таки вследствие меньшей массы).

Весь цикл обжига длится 80—100 час., причем для остывания кирпича с 900 до 200° требуется всего 20—24 часа. А так как наиболее узким местом в работе кирпичных заводов является именно обжигательное звено — печи, то увеличение производительности печи (около 25—30%), даже сопряженное с необходимостью увеличения сушильной площади и формовочных приспособлений, влечет за собой соответственное увеличение производительности существующих заводов. А это последнее обуславливает сокращение общезаводских накладных расходов и амортизационных отчислений, что в конечном результате приводит к еще большему удешевлению фабrikата, чем указано ранее.

Наконец как благоприятную черту производства трепельного кирпича нужно отметить, что брак при обжиге незначителен (малое количество недожога и пережога, отсутствие шумового кирпича и т. д.). Это может быть объяснено, с одной стороны, уменьшением массы прогреваемого кирпича, а с другой — достаточным в большинстве случаев интервалом опекания.

Все, что сказано о диатомовом кирпиче, соответственно относится и к глино-диатомовому кирпичу.

Выводы. Из изложенного можно сделать следующие выводы: диатомовый и глино-диатомовый кирпич может изготавливаться на любом механизированном или ручном заводе по производству обыкновенного строительного кирпича (при относительной обеспеченности сырьем на месте или на небольшом расстоянии). Некоторые особенности производства диатомового и глино-диатомового кирпича, как например: возможное отсутствие на месте существующего завода сырьевых залежей (работа на привозном сырье), возможное несоответствие имеющихся агрегатов данной разновидности трепела (плотные трепела) и т. д., обуславливают необходимость дополнительных (относительно незначительных) капиталовложений при организации производства этих видов кирпича на существующих заводах. Затраты эти пойдут на устройство заводских подъездных путей для приема диатома, на установку дробилок и т. д.

Глинопористый кирпич

Глинопористый кирпич представляет собой кирпич, отформованный и обожженный из глины, с выгорающими добавками. В качестве последних могут быть использованы опилки, торф, крошка малокалорийных углей

¹ „Строительные материалы“ № 1 за 1931 г., ст. инж. Нахратяна.

НТБ
ДНУЖТ

(при высокой калорийности возможны местные сплавления глины), соломенная резка и т. д. Так как опилки являются незаменимым материалом для изготовления силикат-органиков, магниезиальных и т. п. бетонов, то не приходится рассчитывать на широкое использование их для производства пористого кирпича. В связи с этим необходимо перейти на максимальное применение торфяной крошки, имея в виду, что опытами Мосстромтреста (еще в 1929 г.) доказана пригодность для этой цели обземлившегося топливного торфа, а в Германии широко практикуется добавление к глине обыкновенного сырого торфа.

Свойства. Объемный вес определяется дозировкой шихты и количеством взятых выгорающих примесей; таким образом возможно подобрать состав шихт, исходя из требуемой толщины стены. Дать математическую формулировку зависимости объемного веса от дозировки шихты не представляется возможным, так как выход массы будет различен в зависимости от пластичности глины и силы и времени перемешивания массы.

При дозировке 50% глины и 50% выгорающих примесей (по объему) объемный вес кирпича равняется 1200—1300 кг/м³. При уменьшении количества выгорающих примесей происходит увеличение объемного веса.

Коэффициент теплопроводности глинопористого кирпича колеблется, в зависимости от объемного веса, от 0,20 до 0,31. При увеличении объемного веса кирпича до 1450 кг/м³ коэффициент теплопроводности повышается до 0,35—0,40, что допускает возведение стены не тоньше 51 см.

Водонасыщение пористого кирпича по весу колеблется в пределах от 19 до 28%, а по объему — от 28 до 34%.

Морозоупорность глинопористого кирпича можно признать в соответствии с рядом произведенных испытаний вполне удовлетворительной. Кирпич выдерживает стандартные испытания на замораживание, теряя в весе от 0,5 до 8%.

Прочность кирпича зависит от пластичности глины, количества добавляемых примесей, силы прессования и качества обжига. Чем глина пластичнее, тем выше временное сопротивление фабриката и в то же время чем больше в шихте выгорающих примесей, тем прочность меньше. Кирпич машинной формовки значительно прочнее, нежели кирпич ручной формовки (разница доходит до 50%), что зависит от более сильного уплотнения массы.

В цифровом выражении данные о прочности глинопористого кирпича чрезвычайно пестры. На основании материалов Мосстромтреста возможно принять временное сопротивление сжатия кирпича объемным весом 1,2—1,3 в сухом состоянии равным 55—85 кг/см².

Дефектами пористого кирпича являются его сильная воздухопроницаемость и гигроскопичность, обуславливающие обязательную оштукатурку кладки.

Производство пористого кирпича. Технологические особенности производства пористого кирпича, по сравнению с обыкновенным кирпичом, заключаются в следующем.

В стадии предварительной подготовки массы и формовки — в добавлении к глине выгорающих примесей. Эта операция требует большой тщательности, так как в случае неудовлетворительного смешения массы получится неоднородная пористость, обуславливающая пониженную механическую прочность и ухудшенные тепловые свойства. Состав шихты определяется требуемым объемным весом кирпича и устанавливается опытным путем. Глина должна быть достаточной пластичности, допускающая отощение добавляемыми примесями.

Опилки перед употреблением в дело должны отсеиваться: в противном случае неизбежно получение неоднородных по величине и форме пор. Формование кирпича может происходить как вручную, так и на ленточных прессах. При работе на ленточных прессах производительность последних, вследствие частых обрывов проволоки, снижается примерно на 15%.

В стадии сушки наличие в сырце относительно крупных пор чрезвычайно благоприятно отражается на его сушке, допуская не только значительное ускорение процесса (примерно на 33%), но и сушку сырца на открытых полянках.

В стадии обжига наличие в обжигаемой массе выгорающих примесей значительно облегчает обжиг кирпича, так как помимо горения извне вносимого топлива происходит горе-

ние толщина внутри сырца. Это обеспечивает более равномерный обжиг фабриката и более быстрый шаг огня в печи.

Выводы. Из изложенного видно, что глинопористый кирпич может изготавливаться на любом кирпичном заводе, при наличии в районе его местонахождения или на относительно незначительном от него расстоянии потребных выгорающих примесей, причем имеется ряд выгод производственного порядка, а именно: ускорение процессов сушки и обжига, значительное сокращение расхода топлива и уменьшение внутривозовского брака (сведенных в опытных работах Кирпичстроя к нулю).

Одновременно с этим следует учесть возможность более рационального использования существующих печей и сушильной площади, что связано с необходимостью соответствующего увеличения пропускной способности формовочного звена (увеличение числа рядовщиков при ручном формировании и добавлении агрегата на механизированных заводах).

Себестоимость пористого кирпича в связи с уменьшением затраты топлива, уменьшением общезаводских накладных расходов и амортизационных отчислений (повышение производительности заводов), снижением процента брака и т. д. меньше себестоимости обыкновенного кирпича. При уточнении себестоимости следует учитывать излишние расходы по сырью и его предварительной подготовке (отсеивание опилок, размачивание торфа и т. д.) и необходимые капиталовложения по установке бешкиеров и мешалок (в случае их отсутствия).

Экономика легковесного кирпича. Суждение о ценности легковесного кирпича для строительства и всего народного хозяйства в целом можно вывести, произведя анализ денежных выгод, происходящих при употреблении легковесного кирпича, а равно влияния его применения на облегчение конструкций, увеличение полезной площади, сокращение расхода рабочей силы в строительстве, уменьшение расхода основных строительных материалов, сокращение потребности в гужевом и железнодорожном транспорте и т. д.

Разберем эти условия.

Денежная экономия. Сравнение данных о стоимости различных видов сплошной кладки из обыкновенного известково-песчаного, трепельного и пористого кирпича, полученных в результате работ Уральской областной станции по рационализации строительства и Мосстройобъединения, позволяют сделать вывод, что наиболее дешевой кладкой является кладка из диатомового кирпича толщиной в 1 кирпич, изготавливаемого на местном сырье. При работе на привозном диатоме и при толщине стены свыше 25 см диатомовый кирпич уступает пористому глиняному кирпичу.

Что же касается глино-диатомового кирпича, то его эффективность примерно эквивалентна пористому кирпичу. В то же время следует указать, что возможность изготовления глино-диатомового кирпича лимитируется объемным весом привозного диатомы и при объемном весе комового диатомы воздушной сушки в 0,95 — 1,0 (предел рыхлого трепела) его производство будет в ряде случаев невыгодно.

Облегчение конструкции и удешевление фундамента. Здесь можно сделать следующий подсчет: пусть объемный вес обыкновенного кирпича — 1800 кг/м³, пористого глиняного кирпича — 1200 кг/м³ и диатомового кирпича — 850 кг/м³. Обозначим вес 1 пог. м стены из обыкновенного кирпича при толщине 2½ кирпича через P , учитывая лишь вес кирпича и не считаясь с уменьшением веса раствора. Тогда вес 1 пог. м стены из различного кирпича будет:

из обыкновенного кирпича при толщине в 2 кирпича:

$$P_1 = \frac{P \cdot 2}{2,5} = 0,8 P,$$

из пористого кирпича при толщине в 1½ кирпича:

$$P_2 = \frac{P \cdot 1200 \cdot 1,5}{1800 \cdot 2,5} = 0,4 P;$$

из диатомового кирпича при толщине в 1½ кирпича:

$$P_3 = \frac{P \cdot 850 \cdot 1,0}{1800 \cdot 2,5} = 0,28 P;$$

из диатомового кирпича при толщине в 1 кирпич:

$$P_4 = \frac{P \cdot 850 \cdot 1,0}{1800 \cdot 2,5} = 0,19 P.$$

Изменение нагрузок соответственно отразится на ширине фундаментов и глубине их заложения.

Экономия в строительных материалах складывается из экономии материала на кладку фундамента и на кладку стен. Не касаясь экономии материалов на кладку фундамента, приведем подсчет экономии в кирпиче и растворе при кладке стен различной толщины.

Таблица 29

Сравнительная потребность в материалах

| Толщина стены в см при одинаковой теплозащите во 2-м климатическом поясе | Расход материала на 1 м ² стены | | Потребность в % | |
|--|--|-----------------------|-----------------|----------|
| | кирпича шт. | раств. м ³ | кирпича | раствора |
| Стена толщ. в 2 ¹ / ₃ обыкн. кирпича | 262 | 0,184 | 100 | 100 |
| " " " 2 " " | 210 | 0,148 | 80 | 80 |
| " " " 1 ¹ / ₂ " " | 157 | 0,148 | 60 | 80 |
| С уширен. швом | 150 ¹ | 0,105 | 57 | 57 |
| " " " 1 ¹ / ₂ пористых кирпича | 150 ¹ | 0,105 | 57 | 57 |
| " " " 1 ¹ / ₂ диатомового кирпича | 150 ¹ | 0,105 | 57 | 57 |
| С уширен. швом 1 кирпич | 100 | 0,07 | 38,0 | 38 |

Сокращение потребности в растворе. Исчисляя таким же способом потребность в растворе, получим следующие данные о потребности в растворе на каждые 100 м² стены (без учета фундаментов):

Таблица 30

Сравнительная потребность в растворе на 1 м² стены при различных видах кирпича

| Наименование материала | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите | Потребность по специальности | | | | Всего чел.-дней | Потребность в % |
|------------------------------------|---|------------------------------|------------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|
| | | Каменщиков | Рабочих | | штукатуры | | |
| | | | для кладки | для раствора | | | |
| Кирпич обыкн. и известково-песчан. | 64 | 0,37 | 0,28 | 0,17 | — | 0,82 | 100 |
| Кирпич обыкн. | 51 | 0,35 | 0,24 | 0,25 | — | 0,84 | 102 |
| " " " | 43 | 0,32 | 0,24 | 0,25 | 0,12 | 0,93 | 113 |
| порист. | 38 | 0,32 | 0,15 | 0,18 | 0,12 | 0,77 | 94 |
| диатом. | 38 | 0,32 | 0,14 | 0,18 | 0,12 | 0,76 | 93 |
| " " " | 35 | 0,23 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,63 | 77 |

Сокращение потребности в железнодорожном транспорте. Вследствие несовпадения районов производства строительных материалов с районами их потребления приходится учитывать также и необходимость их транспортировки по железной дороге. Ниже приводим результат сличения транспортабельности обыкновенного, пористого и диатомового кирпича.

Таблица 31

Грузоподъемность ж.-д. вагона

| Наименование кирпича | Вес кирпича в кг | Емкость вагона |
|---|------------------|----------------|
| Кирпич обыкн. | 3,6 | 5 000 |
| диатом. (об. в. 750 — 850 кг/м ³) | 1,5 — 1,7 | 10 000 |
| пористый | 2,4 | 6 700 |

¹ Для легкого кирпича при его транспортировке значительно меньше, чем у обыкновенного кирпича (наблюдения строительных организаций).

Таблица 32

Потребное количество вагонов для транспортирования обыкновенного и диатомового кирпича для возведения 1000 м² стен

| Наименование кирпича и системы кладки | Кол. кирпича на м ³ стены при одинаковой теплозащите | Кол. кирпича на 1000 м ² стен | Потребное кол. вагонов |
|---|---|--|------------------------|
| Стена из обыкн. кирп. в 2 ¹ / ₂ кирп. . | 262 | 262 000 | 52 |
| " " " " 2 " | 210 | 210 000 | 42 |
| " " " " 1 ¹ / ₂ " | 157 | 157 000 | 32 |
| " диатом. " " 1 ¹ / ₂ " | 150 | 150 000 | 17 |
| " " " " 1 " | 100 | 100 000 | 11 |
| " порист. " " 1 ¹ / ₂ " | 150 | 150 000 | 20 |

Сокращение потребности в гужевом транспорте. Примерно в тех же размерах выражается экономия в отношении гужевого и автомобильного транспорта.

Таблица 33

Сравнительная потребность в гужтранспорте на 1 м² стены при различных видах кирпича

| Наименование материала | Толщина стены в см при одинак. теплозащите | Вес материала на м ² , подлежащего перевозке | | Всего кг | Грузоподъемность одной лош. в кг | Количество ездов в сутки при расхождении возки в 6 км | Потребность с днях | | |
|-------------------------|--|---|---|----------|----------------------------------|---|--------------------|------|---------|
| | | стенных материалов с учетом боя | сухих материалов для приготовления раствора | | | | натуральная | в % | |
| | | | строит. | | | | | | штукат. |
| Кирпич обыкн. строит. . | 64 | 938 | 913 | — | 1251 | 1100 | 2 | 0,58 | 100 |
| " " " . | 51 | 755 | 206 | — | 961 | 1100 | 2 | 0,44 | 76 |
| " " " . | 43 | 565 | 206 | 20 | 791 | 1100 | 2 | 0,36 | 62 |
| " " порист. . | 38 | 458 | 161 | 20 | 639 | 1100 | 2 | 0,25 | 43 |
| " " диатом. . | 38 | 298 | 161 | 20 | 479 | 1100 | 2 | 0,22 | 38 |
| " " " . | 25 | 200 | 109 | 20 | 329 | 1100 | 2 | 0,15 | 26 |

Сокращение расхода топлива. Анализ будет неполон, если не упомянуть о сокращении расхода топлива при употреблении легковесного кирпича.

Таблица 34

Сравнительная потребность в условном топливе на м² стены

| Наименование материала | Толщина стены в см при одинак. теплозащите | Расход топлива в кг | | | В % |
|---------------------------------|--|----------------------|------------|-------|------|
| | | на стеновой материал | на раствор | всего | |
| Кирпич обыкн. строит. | 64 | 66 | 4,5 | 70,5 | 100 |
| " известково-песчаный | 64 | 43 | 4,5 | 47,5 | 68,5 |
| " обыкн. строит. | 51 | 53 | 3,5 | 56,5 | 80 |
| " " " | 43 | 40 | 9,5 | 49,5 | 70 |
| " пористый | 38 | 29,5 | 2,5 | 32,0 | 45,5 |
| " диатомовый | 38 | 31,5 | 2,5 | 34,0 | 48,5 |
| " " | 25 | 21,0 | 4,5 | 25,5 | 33 |

Применение. Маркировка. Маркировка легковесного кирпича производится по признакам объемного веса и прочности.

„Временными техническими условиями Союзстроя“ установлено пять марок кирпича по объемному весу: в 1500, 1200, 1000, 800 и 600 кг/м³. По признаку механической прочности сплошной кирпич подразделяется в пределах каждой марки на четыре группы и пористый кирпич на три и две группы.

Таблица 35.

Маркировка временного сопротивления сжатию сплошного и пористого кирпича в воздушно-сухом месте

| Марки | I марка | | II марка | | III марка | | IV марка | | V марка | |
|-------|---------|---------|----------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | сплошн. | порист. | сплошн. | порист. | сплошн. | порист. | сплошн. | порист. | сплошн. | порист. |
| а | 120 | — | 100 | — | 80 | — | 60 | — | 40 | — |
| б | 80 | — | 70 | 70 | 60 | 60 | 50 | — | 30 | — |
| в | 60 | 60 | 50 | 50 | 40 | 40 | 35 | 35 | 23 | 22 |
| г | 40 | 40 | 35 | 35 | 30 | 30 | 22 | 22 | 22 | 15 |

Столь детальная маркировка конечно не может быть проверена соответствующими лабораторными испытаниями на строительствах; поэтому продукция, выпускаемая с завода, должна сопровождаться паспортом, содержащим в себе данные о наиболее важных свойствах кирпича: об объемном весе и прочности.

В связи с тем, что прочность некоторых марок кирпича не соответствует обычным воззрениям (являющимся, как мы видели, преувеличенными) на действительную необходимую прочность материала в конструкциях, „Временные технические условия Союзстроя“ допускают изготовление сплошного или пористого кирпича с временным сопротивлением сжатию ниже 40 кг/см², лишь после предварительного о том соглашения с потребителем.

Временное сопротивление сжатию пористого кирпича тем меньше, чем больше введено в шихту выгорающих примесей.

С понижением временного сопротивления ниже известного предела (30 кг/см²) увеличивается и возможный процент боя при транспортировке, что и является препятствием для применения пористого кирпича (это обстоятельство не имеет места при легкобетонных камнях с органическими наполнителями, вследствие присущей им упругости). Этим объясняется приведенное в „Технических условиях Союзстроя“ указание о допустимости применения пористого кирпича с прочностью в 15—22 кг/см² в качестве наполнителя каркасов и т. п. лишь при том условии, если кирпич не требует ж.-д. перевозки или если он перевозится по железной дороге с соблюдением особых предохранительных условий.

Что же касается прочности термоизоляционного кирпича, то таковая ограничивается исключительно возможностями транспорта без повреждения камней. Если завершатся успехом ныне проводимые опыты по повышению прочности диатомово-пористого кирпича при сохранении тех же объемных весов (400—600 кг/м³), то последний найдет большое применение в качестве наполнителя каркасных систем при толщине стены от 1/2 до 3/4 кирпича (минимальная прочность пористого кирпича принимается в 15 кг/см²).

Технические условия приемки и отбора проб пока идентичны установленным для обыкновенного строительного кирпича.

Условия применения. Легковесный кирпич может применяться для кладки утоненных сплошных стен толщиной от 25 до 38 см, также

тия заполнения стен каркасных зданий различных систем при толщине от 12 до 25 см, для устройства перекрытий (главным образом пустотелый кирпич) и т. п.

Нормы расходования легковесного кирпича отличаются от норм расходования обыкновенного кирпича тем, что при употреблении легкого кирпича будет меньший процент боя как заводского, так и при транспортировке.

В связи с этим возможно считать расход кирпича на 1 м³ кладки при толщине в 38 см в 160 шт. против 166, установленных для кладки из обыкновенного кирпича, и при толщине в 25 см — в 102 шт. против 105 для обыкновенного кирпича.

Толщина стены из легковесного кирпича зависит от двух факторов: объемного веса кирпича и климатической зоны его применения, и может быть приближенно исчисляема по формулам В. П. Некрасова. При этом следует иметь в виду, что данные формулы рассчитаны для зданий жилого назначения; при употреблении же легковесного кирпича для промышленного строительства толщина стены может быть меньшей, в соответствии с установленным соотношением (примерно 1,25:1).

При статическом расчете стен принимается шестикратный запас прочности, причем в необходимых случаях должно учитываться влияние продольного изгиба. Если по условиям статического расчета необходимо возведение стен большей толщины, нежели это требуется расчетом теплотехническим, то целесообразно применение кирпича большего объемного веса (например вместо трепельного кирпича — глино-трепельного, вместо глиняного пористого — сплошного).

Как уже указывалось выше, различным видам легковесного кирпича свойствен в большей или меньшей степени один и тот же дефект: довольно сильное водонасыщение. А так как насыщение кирпича влагой дурно отражается на его термических свойствах (вода является худшим теплоизолятором, чем воздух), то необходимо предохранять кладку из легковесного кирпича от намокания как грунтовой, так и дождевой водой. В связи с этим, с одной стороны, недопустимо применение легкого кирпича для кладки фундаментов и обязательна тщательная изоляция по цоколю для предохранения от почвенных вод, а с другой — необходима соответствующая наружная штукатурка.

Кладка из легковесного кирпича должна вестись на легких растворах. В противном случае применение легковесного кирпича, в ряде случаев более дорогого, чем обыкновенный кирпич, становится нецелесообразным. Толщина швов раствора нормальная, т. е. 10 мм.

При соблюдении вышеприведенных условий стены из диатомового кирпича, равно как из глинопористого кирпича, являются вполне удовлетворительными в теплотехническом отношении: хорошо аккумулируют тепло, мало теплопроводны и вполне теплоустойчивы, превосходя в этом отно-

Таблица 36

| Вид кирпича и система кладки | Общее термическое сопротивление $R_{общ}$ | Коэффициент общей теплопередачи K | Коэффициент теплоустойчивости | |
|---|--|--|-------------------------------|----------------------------|
| | | | при одной топке в сутки | при двух топках в сутки |
| 1. Стена в $2\frac{1}{2}$ кирп. на обыкн. растворе | 1,123 | 0,89 | 5,62 | |
| 2. Стена в 2 кирп. на легком растворе | 1,19 | 0,84 | 5,70 | |
| 3. Стена в $1\frac{1}{2}$ кирп. с ушир. швом (5 см) | 1,09 | 0,92 | 4,85 | 5,40 |
| 4. Стена в $1\frac{1}{2}$ диатомовых кирпича на легком растворе . | 1,056 | 0,95 | 6,00 | |

НТБ
ДНУЖТ

ничии как кладку в $2\frac{1}{2}$ кирпича, так и кладку в $1\frac{1}{2}$ обыкновенных кирпича на теплом растворе с уширенным вертикальным швом (5 см).

Выше приводим сравнительную таблицу (36) термических показателей различных кирпичных стен (по данным инж. Фокина).

Перспективы развития производства. Ряд технологических, строительных и экономических преимуществ легковесного кирпича по сравнению с обыкновенным ставят на очередь вопрос о массовой реконструкции существующих кирпичных заводов под производство легковесного кирпича и о постройке новых заводов в тех районах, где имеется сырье и по тем или иным причинам не может быть организовано производство безобжиговых стеновых материалов. Что же касается размеров производства различных видов диатомового и глипористого кирпича, то возможно сделать следующие выводы.

Что касается диатомового кирпича, то, вне зависимости от ныне переживаемых транспортных затруднений, следует признать, что производство диатомового кирпича при дальности перевозок диатомита как сырья на расстоянии примерно свыше 200 км является экономически нецелесообразным. В этих случаях рационально переводить заводы на изготовление глино-диатомового и глино-диатомовопористого кирпича.

По отношению пористого кирпича, вследствие относительно недостаточного количества опилок, к тому же используемых для производства более эффективных материалов (например силикат-органиков), и неокончательной уточненности технологических процессов пористого кирпича на основе торфа, следует установить, что производство пористого кирпича может быть организовано только лишь в тех местах, где по транспортным или другим экономическим соображениям не может быть поставлено производство того или другого вида диатомового кирпича или же в тех местах, где опилки не имеют полного сбыта.

Материалы, получаемые путем запарки под давлением

К новым строительным материалам, получаемым путем запарки под давлением и изготовляемым при использовании оборудования заводов силикатного кирпича, относятся: литые силикатные блоки, пустотелый большеобъемный кирпич, силикакальцит, силикаторганики и известково-диатомовый фибролит. В свое время была принята установка на максимальное развитие производства силикатного кирпича за счет сокращения производства обыкновенного кирпича, что объясняется рядом преимуществ силикатного кирпича по сравнению с обыкновенным. А именно: сокращение длительности цикла производства с 20—30 дней до $1\frac{1}{2}$ —2 суток (включая охлаждение кирпича); возможность трехсменной работы, возможность работы в течение круглого года, возможность полной механизации производственных процессов, сокращение расхода топлива, снижение капитальных затрат на строительство новых предприятий и снижение себестоимости готовой продукции, повышенная механическая прочность фибриката и т. д.

Но все выше перечисленные преимущества силикатного кирпича все же не позволяют ему конкурировать с новыми строительными материалами, и силу малого формата кирпича и невозможности его применения для индустриализованного сборного строительства. Этим объясняется выдвинутая В. П. Некрасовым и принятая промышленностью строительных материалов проблема перевода в ряде случаев заводов силикатного кирпича под производство крупноблочных материалов: литых силикатных блоков, силикаторгаников, известково-диатомового фибролита и материалов с особенно повышенной механической прочностью (силикакальцит). Реконструкция заводов силикатного кирпича является еще потому своевременной и необходимой, что силикатный кирпич, обладающий худшими теплотехническими свойствами, чем обыкновенный кирпич, не может быть применен для кладки в $2\frac{1}{2}$ кирпича со швом нормальной толщины и в $1\frac{1}{2}$ кирпича с уширенным вертикальным швом в 5 см и требуется дальнейшее уширение швов, что ухудшает устойчивость кладки и удорожает ее.

Производство новых строительных материалов из известково-песчаной массы происходит примерно на том же оборудовании, что и силикатного кирпича, примерно по той же технологической схеме, и из одного и того же сырья, подчиняясь одним и тем же химическим законам. Аналогичное по-

ложение имеется и при производстве силикаторгаников и известково-диатомового фибролита. Свойства литых силикатных блоков и силикакальцита во многом идентичны со свойствами силикатного кирпича и применение их ограничивается одними и теми же противопоказаниями.

Силикакальцит еще не вошел в заводскую практику, технологический процесс его производства еще не достаточно изучен и поэтому в настоящей книге он не рассматривается.

Силикатные (известково-песчаные) литые камни.

Определение. Силикатными литыми камнями называются искусственные камни, получающиеся в результате литья в формы или трамбования тесной смеси песка с гашеной тонко измельченной известью и последующего отвердевания сырца в запарочных котлах. Силикатные камни изготавливаются на реконструированных заводах силикатного кирпича.

Химизм производственного процесса. Гашеная известь, смешанная с кварцевым песком в присутствии воды при нормальной температуре не вступает в химическое соединение с кремнеземом песка, и последний играет лишь роль скелета, препятствующего растрескиванию раствора при высыхании. Твердение раствора происходит в результате карбонизации гидрата окиси кальция (образование кристалликов углекислой извести) и одновременного выделения воды.

Однако, как было уже установлено проф. Михаэлисом, процесс твердения известкового раствора значительно ускоряется, если смесь извести с песком подвергается в течение нескольких часов действию горячего водяного пара высокого давления.

Михаэлис предполагал, что твердение углекислого раствора и нарастание механической прочности в нем происходит в результате образования гидросиликата кальция, получающегося благодаря действию, под влиянием высокой температуры, гидрата окиси кальция на кварцевые зерна песка.

Другие исследователи, в частности проф. Курдюмов, отрицали образование гидросиликата кальция и считали, что твердение известково-песчаного кирпича происходит вследствие образования на его поверхности корочки кристаллического углекислого кальция (CaCO_3) за счет первоначального гидрата извести и в результате перехода гидрата извести из аморфного состояния в кристаллическое, связанного с развитием сильного сцепления между кристаллами.

Согласно работ ряда исследователей, в особенности проф. Н. И. Смирнова¹ можно полагать, по аналогии с силикатным кирпичом, установленным образование при пропаривании известково-песчаных растворов гидросиликата кальция, в виде кристаллических чешуек.

Исследованиями проф. Н. И. Смирнова подтверждено наличие в запаренном кирпиче значительного количества растворимой кремнекислоты (от 6,01 до 8,24%). Поскольку растворимой кремнекислоты в таком количестве не имеется ни в смеси песка с известью, ни в не-пропаренном сырце, можно сделать вывод, что при пропаривании образуется растворимая кремнекислота, не остающаяся однако в аморфном состоянии, а вступающая в реакцию с известью, образуя при этом гидросиликат, скрепляющий между собой отдельные песчинки. Процесс образования гидросиликата зависит от продолжительности пропаривания и давления в котле. Чем дольше идет пропаривание (обычно 8—8½ часов) и чем больше давление (8 атм), тем больше образуется растворимой кремнекислоты, тем более количественно образуется гидросиликата.

Гидросиликата кальция на поверхности песчинок образуется очень немного и для получения из известково-песчаной массы камней высокой прочности необходимо, чтобы песчинки как можно теснее соприкасались друг с другом.

Необходимо, между прочим, отметить, что количество вводимой в смесь извести больше того количества, которое связывается кремнекислотой. Однако, попытки уменьшить количество извести приводят к понижению механической прочности. Таким образом, следует сделать вывод, что свободная известь является фактором неизбежным для получения достаточной прочности камня.

Сырье. Сырьем для производства силикатного камня служат кварцевый песок и известь.

Песок. При выборе песка для производства силикатных камней необходимо обращать внимание на его минералогический и гранулометрический состав, на форму и поверхность песчаных зерен и на наличие в нем различных примесей.

Предпочтительно применение чистокварцевого песка, состоящего из зерен различной

¹ Проф. Н. И. Смирнов. „К микроструктуре силикатного кирпича“ Труды Госуд. эксперимент инст. силикатов. вып. № 20, изд. Научно-технического отдела ВСНХ СССР № 158—Москва, 1926 г.

прочности. Чем разнообразнее по размерам песчинок состав песка, тем меньший объем пор будут иметь силикатные камни и тем меньше будет их влагоемкость. Одновременно с этим камни при одинаковых условиях будут обладать большей прочностью и морозостойкостью. Предельная крупность зерен составляет примерно 1,2 мм.

К наиболее часто встречающимся примесям в песке относятся: полевой шпат, слюда, кварц и глина. Примесь полевого шпата нежелательна.

Содержание слюды допускается в самых незначительных размерах. Наличие в песке кварца в виде отдельных кусочков не должно служить препятствием к его применению, но значительно снижает качество песка пленка углекислой извести, покрывающая иногда зерна кварца.

Наиболее часто наблюдается загрязнение песка глинистыми веществами. Примесь глины допускается в размере до 3%. В том случае, если глина находится не в виде корочки, покрывающей отдельные песчинки, а в виде отдельных равномерно распределенных в массе песчинка вкраплений, возможно допустить содержание глины в 8%. При большем, чем указано, содержании глины неизбежна пониженная прочность камня (медленное образование гидросиликата кальция), при одновременном увеличении его пористости, а следовательно уменьшении морозостойчивости.

Иногда встречающаяся поваренная соль обуславливает выветривание камня и образование CaCl_2 в свою очередь являющегося, вследствие присущей ему гигроскопичности, поглощиком постоянной сырости кладки. Кроме этого, поваренная соль благоприятствует растрескиванию запарочных котлов и вагонеток. Примеси гипса в песке снижают механическую прочность камня.

Употребление песка с примесью перегноя и торфообразных веществ недопустимо, так как камень из такого песка не обладает достаточной прочностью.

Механические примеси: корни растений, крупные каменные включения и т. д. должны быть удалены путем предварительного отсеивания.

Большое значение для прохождения технологического процесса имеет влажность песка. Для нормальной влажности принимается наличие влаги в размере 6—7%. Песок большей влажности плохо перемешивается с известью. Процесс же гашения, вследствие избытка влаги протекает медленнее.

Известь. При производстве силикатных камней следует стремиться к минимальному количеству извести, так как увеличение ее количества с одной стороны приводит к удорожанию фабриката, а с другой—в некоторых случаях не дает соответствующего увеличения прочности. Количество извести зависит от ряда факторов; важнейшими из них являются: качество извести (содержание CaO и т. д.), свежесть ее, гонкость помола извести и размеры и форма песчаных зерен.

Известь должна быть свежееобожженной (предпочтителен обжиг извести непосредственно на заводах силикатных камней), быстро гаситься и иметь содержание CaO не менее 75%. Крупные куски недожога и пережога должны отбираться, так как недожог не вступает в химическое соединение с кремнекислотой песка, а пережог может загаситься в запарочном котле и обусловить этим брак камня. Наиболее вредной примесью в извести является MgO , содержание которой не должно поэтому превышать при силосном способе 1,2%, а при барабанном 1,5—2%. Вредное влияние MgO довольно многосторонне. Во-первых, гидратация MgO , протекающая также с увеличением объема, проходит значительно медленнее, чем гидратация CaO , в результате чего возможно гашение извести в конечной стадии производства (в запарочных котлах) и растрескивание фабриката (безусловный брак). Затем MgO менее активна в химической реакции с кремнекислотой песка.

Известь должна быть тщательно измолота и размер зерен не должен превышать 1 мм, так как более крупная известь может не загаситься в процессе силосного вылеживания или барабанного гашения.

Дозировка сырьевой смеси. Как уже указывалось выше, содержание окиси кальция в смеси равно 5—7% от веса сухой массы. Количество воды составляет при литых камнях 17—20% от веса сухой смеси. При несоблюдении указанной дозировки происходит снижение прочности камней. Уменьшение количества воды помимо этого затрудняет плотное заполнение форм и требуется искусственное уплотнение массы.

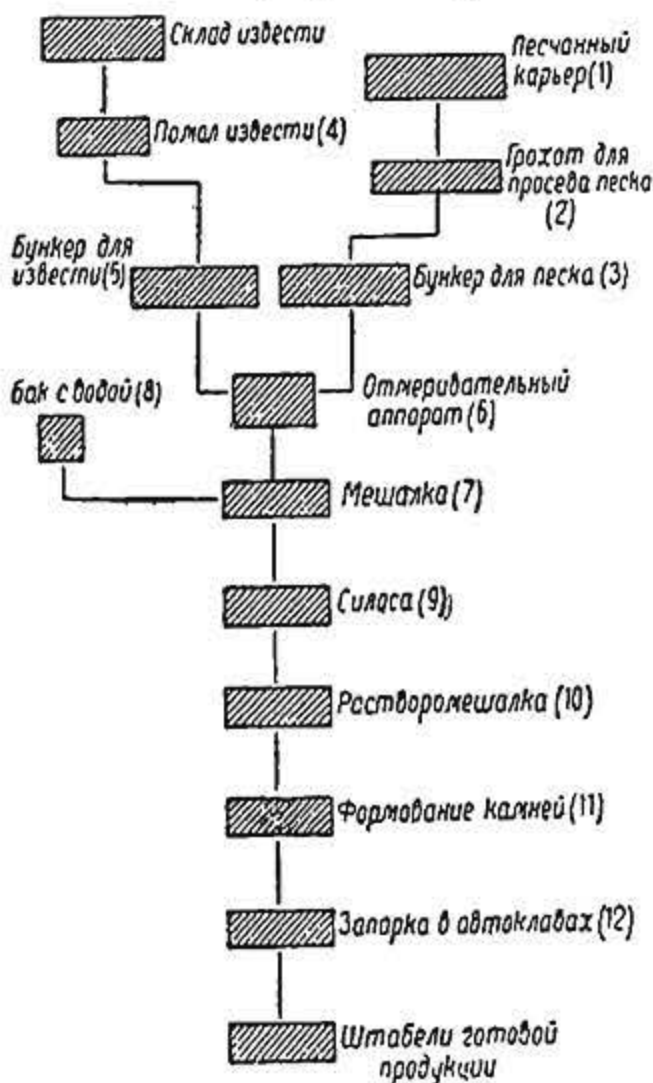
Повышение содержания воды увеличивает пористость готового изделия и тем самым ослабляет их прочность.

Увеличение содержания извести в известково-песчаной массе приводит к разобщению песчинок друг от друга и при ограниченном количестве гидросиликата затрудняет получение камней достаточно высокой механической прочности.

Производство камней. Производство камней, в зависимости от способа гашения извести, может проходить по силосному или барабанному способу.

Силосный способ. Как видно из схемы производства (фиг. 29) песок, подаваемый на производство, просеивается через грохот 2 и поступает в бункер 3, расположенный в заготовительном отделении. Одновременно с этим ленточным транспортером подается обожженная известь, поступающая после предварительного дробления (если таковое имеет место) на шаровую бесситную мельницу 4. Перемолотая известь из мельницы подается элеватором в верхний этаж в сепаратор, который производит отделение крупных частиц, поступающих при помощи отводящей трубы обратно в шаровую мельницу или добавочного помола. Отвеянная мелкоизмолотая известь, опускаясь на дно сепаратора, подается шнеком и элеватором в бункер 5, также расположенный в заготовительном отделении.

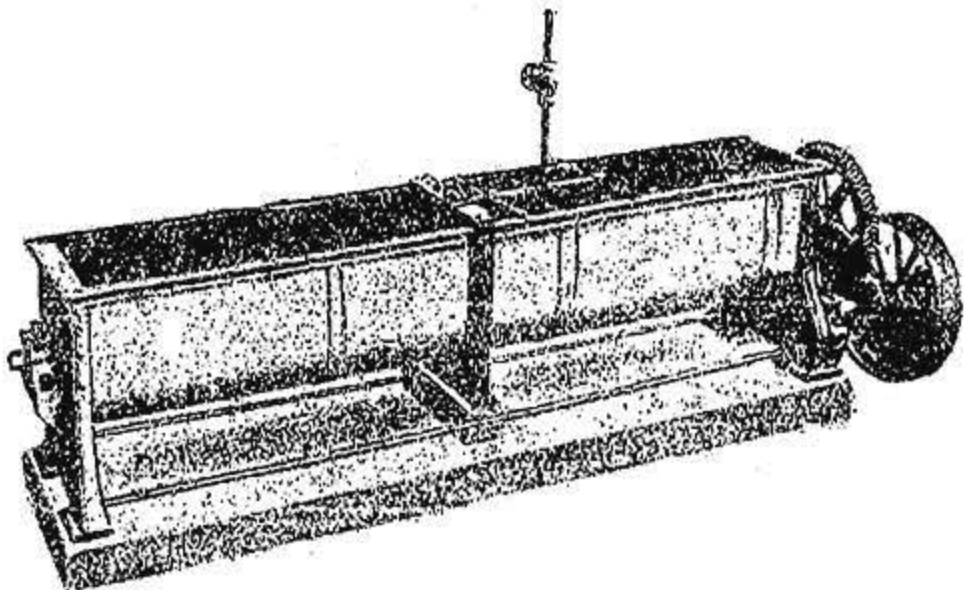
Из бункеров 4 и 5 сырье проходит через отмеривательный аппарат 6, дозирующий по объему определенные количества песка и извести, в мешалку 7. В мешалке, обычно соединенной с отмеривающим аппаратом, производится тщательное перемешивание извести и песка (непременное условие для нормального прохождения последующей химической реакции), при одновременном увлажнении массы из бака 8 и подачи ее к выходному отверстию на транспортер — кратцер. Последний представляет собой ленту со скребками, расположенную в лотке, проходящем над всеми силосами; скребки служат для сбрасывания массы с транспортера в люки силосов 9. Силоса могут быть железобетонные или деревянные; емкость их определяется размером производства: Известь, поступившая в силоса, гасится за счет влаги песка и добавляемой в мешалке воды. Процесс гашения длится около 10—14 часов, считая с момента полной загрузки силоса.



Фиг. 29. Схема производства известково-песчаных блоков при силосном способе производства.

сеивается в бункер 3. Известь после предварительного дробления (если таковое имеет место) поступает на шаровую мельницу 4, а оттуда в сепаратор. Из сепаратора тонко измолотая известь подается элеватором в бункер 5. Из бункера известь проходит через автоматические весы и поступает в шнек, питающий гасильные барабаны 6 (см. схему 31).

Гасильный барабан представляет собой металлический цилиндр двойной конической формы, емкостью от 6 до 15 м³, медленно вращающийся вокруг горизонтальной оси (3 оборота в минуту). В барабан добавляется из мерного ящика 7 вода (при сухом песке) и впускается пар. Таким образом в барабане происходит одновременное смешивание песка с известью и гашение извести в присутствии пара, под давлением в 5 атм. Процесс продолжается 35—45 мин. (Возможен и другой способ: в барабан всыпается известь и часть потребного песка и добавляется необходимое количество воды. Получающийся при гашении извести пар образует в барабане давление, поднимающееся до 1,5—2 атм. Как только процесс гашения оканчи-



Фиг. 30. Корытная мешалка.

няется, что узнается по уменьшению давления, в барабан досыпается недостающее количество песка и производится дополнительное смешивание массы.)

Вследствие двойной конической формы барабана смесь отбрасывается при вращении к бокам к середине его и, таким образом, достаточно хорошо перемешивается.

По окончании перемешивания барабан опорожняется в расположенный внизу ситос δ , где известково-песчаная масса остается для дальнейшей переработки в растворомешалке.

Формование камней. Следующей стадией производственного процесса является разлив массы по формам или их трамбование. Масса из растворомешалок поступает в устанавливаемые на вагонетках платформы—железные разъемные бездонные формы (предварительно очищенные от ранее прилипшей массы). По наполнении первого ряда форм верхняя поверхность отлитых камней может выравниваться гладилкой; наполненные формы накрываются листом железа, на который ставится второй ряд форм и т. д., пока вагонетка не будет полностью нагружена. Загруженные, таким образом, вагонетки направляются в запарочный котел для отвердевания.

Трамбование силикатных камней может происходить на тех же станках, что и легкобетонных камней. Прочность и морозостойкость трамбованных камней значительно выше, чем литых, при небольшом увеличении объемного песка, что возможно объяснить более интенсивным взаимодействием сближенных частиц песка и извести.

В связи с этим более целесообразно изготовление трамбованных камней, тем более, что производство литых камней трудно поддается механизации и сопряжено с большим расходом железа на формы. Применение же менее толстого железа вызывает изгиб форм и нарушение правильной формы камней.

Отвердевание. Конечной стадией в производстве камней является их пропаривание в запарочных котлах (автоклавах), в которых отпрессованный рыхлый сырец приобретает камнеподобный вид.

Запарочные котлы имеют форму горизонтального цилиндра диаметром в 2 м и длиной от 16 до 20 м. Одно или оба днища котлов отъемные и закрепляются после загрузки котла болтами. По нижней стороне котла проложены рельсы для продвижения вагонеток с сырцом.

После загрузки котла (емкость—15 вагонеток) его отъемное днище тщательно затягивается болтами (при неудовлетворительном закреплении крышки возможен взрыв котла) и в котел впускается пар (при давлении в 8 атм.).

Прочность камня, обуславливаемая течением химической реакции, находится в зависимости от продолжительности пропаривания и от давления пара. Общий срок нахождения сырца в котле определяется, примерно в 14 часов. Сначала сырец прогревается, давление внутри автоклава медленно поднимается и, наконец, через 2—2,5 часа доходит до 8 атм. при рабочем давлении сырец должен оставаться, примерно 8—8,5 часов.

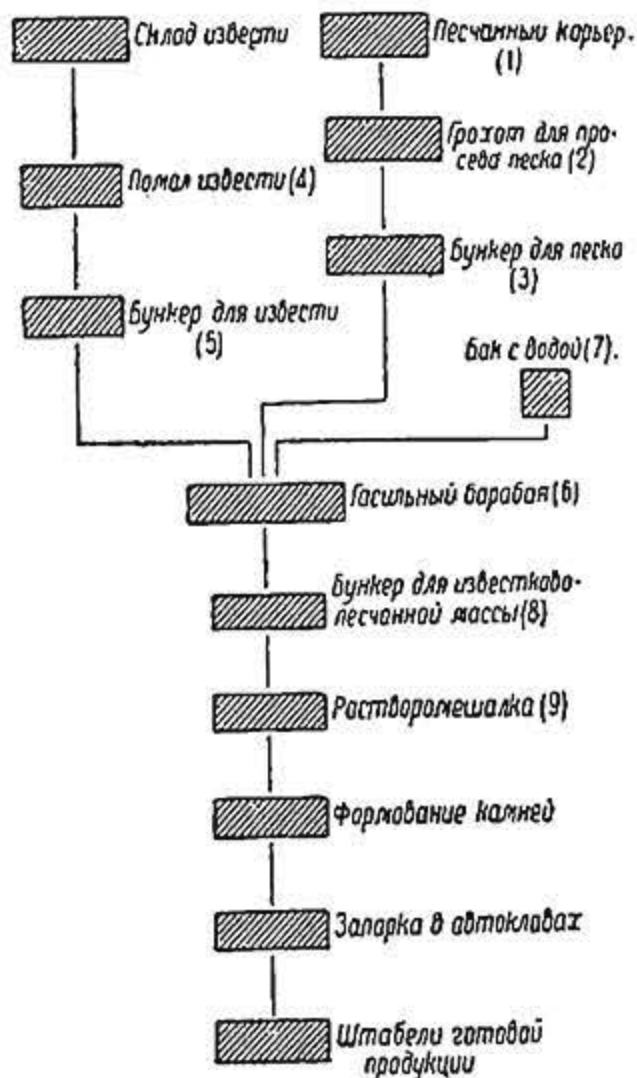
Чем меньше давление пара, тем более длительный срок потребуется для затвердения фибриката и наоборот: чем больше давление, тем меньше будет затрачено времени на затвердение.

Работа запарочного котла (14 ч.) складывается в соответствии с этим из следующих операций:

| | |
|---------------------------------------|---------|
| завинчивание крышки | 1 час |
| подъем давления | 2,0 " |
| поддерживание давления | 8,5 " |
| выпуск пара | 1,0 " |
| отвинчивание крышки и разгрузка котла | 1 1/2 " |

Расход пара на запарку составляет около 400 кг на 1 м³ камня, что соответствует расходу примерно 60 кг условного топлива. Таким образом, расход топлива примерно на 40—25% выше, чем при силикатном кирпиче. Температура в котле при рабочем давлении в 8 атм. равна, примерно, 172—175°C.

Пропаренный камень при выходе из котла складывается на воздухе в штабеля, где происходит некоторое дополнительное приращение прочности.



Фиг. 31. Схема производства известково-песчаных блоков при барабанном способе производства.

Таким образом, весь цикл производства камней длится при барабанном способе менее суток, а при силосном—около полутора суток.

Недостатками технологического процесса при производстве силикатных камней, по сравнению с силикатным кирпичом, являются: а) потребность в большом количестве железа для изготовления железных форм, к тому же довольно быстро изнашивающихся, б) потребность в большом количестве листового железа (замочного) для покрытия наполненных форм и в) увеличенный расход топлива для выпарки повышенного количества воды.

Свойства. Внешний вид. Силикатный камень должен иметь форму прямоугольного параллелепипеда с ровными ребрами и поверхностями. Довольно часто наблюдается неправильная форма камней, что является следствием изгиба форм и обуславливает повышенный расход рабсилы и раствора при кладке.

Размеры. Согласно проекта ОСТ камни имеют следующие размеры:

| Длина камня в мм | Ширина камня в мм | Толщина камня в мм |
|---------------------|----------------------|-----------------------|
| 380 | 380 | 215 |
| 380 | 250 | 215 |
| 380 | 185 | 215 |
| 380 | 120 | 215 |

Отклонения от размеров допускаются по длине и высоте камня в ± 7 мм и по ширине камня в ± 5 мм.

Таким образом, из камней возможно возводить кладку толщиной в 64, 51, 38 см и т. д. Размеры камней таковы, что обеспечивают при этом надлежащую перевязку камней с кирпичом. Но установленные ОСТ размеры камней не соответствуют их весу. И действительно, камень по своему весу относится к категории четырех ручных камней, в то время как его длина допускает работу лишь двумя руками.

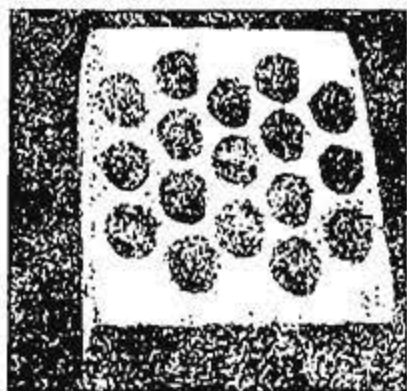
Прочность. Согласно проекта ОСТ камни разделяются на два сорта: 1-ый и 2-ой. Камни первого сорта должны иметь временное сопротивление

сжатию в воздушно-сухом состоянии не менее 80 кг/см^2 и в насыщенном водою состоянии не менее 60 кг/см^2 , а камни второго сорта соответственно 50 и 35 кг/см^2 .

Водонасыщение камней в просушенном при температуре 100° состоянии должно быть для камней 1-го сорта не более 20% по весу, и для камней 2-го сорта не более 25%.

Пористость камней колеблется в пределах 35—45%.

Теплопроводность камней в среднем такова же, что и обыкновенного строительного кирпича, но меньше чем силикатного кирпича. Нецелесообразность в силу этого применять камень для



Фиг. 32. Пустотелый литой известково-песчаный камень.

кладки наружных стен выдвигает вопрос об изготовлении пустотелых камней. Опыты в этом направлении производились ЦНИИПСом и инж. А. В. Волженским и дали положительные результаты (фиг. 32).

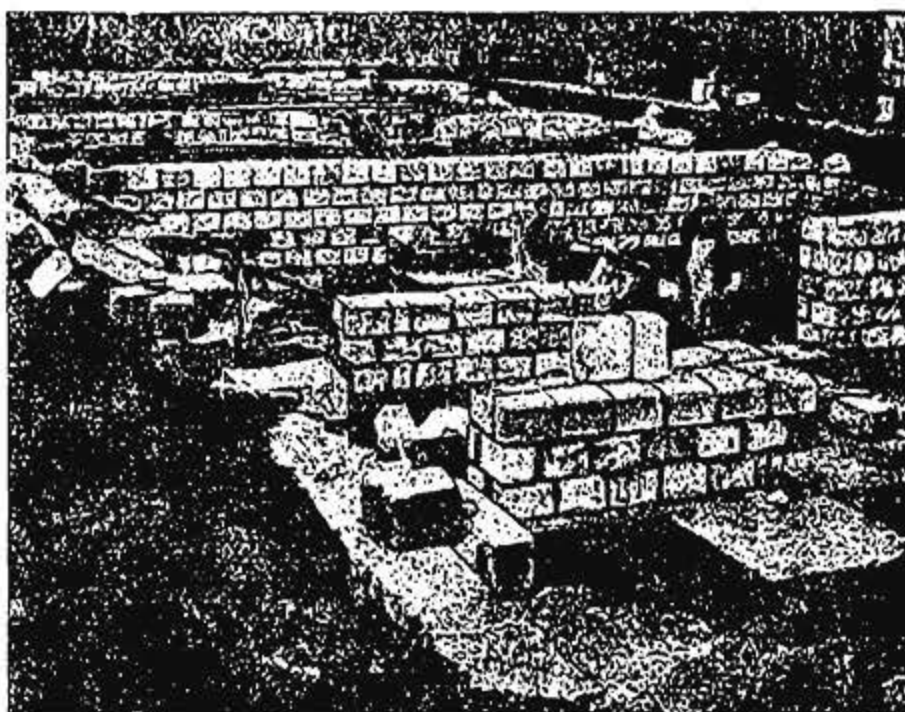
Морозостойкость силикатных камней меньше, нежели морозостойкость силикатного кирпича. Последний же при испытании в лабораторных условиях, выдерживает не больше 15-кратного замораживания и оттаивания. Автору приходилось наблюдать значительные повреждения кладки цокольных рядов в течение одной зимы. Камни сильно расслаиваются, покрываются трещинами и, в ряде случаев, происходит полное разрушение камня.

Огнестойкость. Соответствующих опытов с силикатными камнями не производилось, но очевидно огнестойкость будет такова же, что и силикатного кирпича. При нагревании последнего до температуры в 250—

300°C, прочность значительно повышается, снижаясь при дальнейшем повышении температуры (400—600°C). Разрушение силикатного кирпича происходит лишь в местах непосредственного соприкосновения с огнем.

Кислотоупорность. Силикатные камни не кислотоупорны.

Вредные влияния на камень. Вредные влияния на камни таковы же, что и на силикатный кирпич. Проф. Н. И. Смирновым были изучены действия на последний пара и горячей воды и действие органических веществ, и частности в болотистых местностях. В первом случае путем химического анализа было установлено снижение содержания растворимой кремнекислоты (от 4,5 до 5,75% вместо нормальных 6—8,2%), извести (от 7,6 до 8% вместо нормальных 8,8—13,8%). Это изменение химического состава объясняется проф. Н. И. Смирновым растворением извести и растворимой кремнекислоты продолжительным действием пара и уносом этих веществ водой. Последующее разрушение кирпича происходит при наступлении морозов, когда пар, проникающий через кирпич, конденсируется и конденсационная влага, замерзая, увеличивается в объеме и разрывает кирпич. Во втором случае было установлено повышенное содержание CO_2 , поглощение которой сопровождается повышением механической прочности кирпича. Это явление объясняется тем, что в болотных водах происходит более энергичная карбонизация кирпича, чем на воздухе.



Фиг. 33. Кладка внутренних несущих стен из литых силикатных блоков (Москва, дом ЦНИИПСа).

Применение камней. Силикатные камни должны преимущественно применяться

для кладки внутренних несущих стен (фиг. 33) и несущих столбов. Применение их для кладки наружных стен нецелесообразно, ввиду неудовлетворительных теплотехнических свойств. Камни не должны применяться в трех следующих случаях:

а) в помещениях или сооружениях, подвергающихся непрерывно действию горячего пара или горячей воды (или же пара при несколько повышенной температуре), а затем действию мороза;

б) для кладки фундаментов, особенно при наличии в грунтовых или сточных водах углекислоты, так как при соприкосновении с нею образуется кислая углекислая известь ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), обуславливающая разрушение кирпича вследствие вымывания;

в) для кладки цокольных рядов до водоизоляционного слоя, так как при насыщении их водой, они легко разрушаются под действием мороза.

Перспектива развития производства. Силикатные камни обладают меньшей прочностью, чем кирпич и стоимость их, в силу отсутствия механизации части технологических процессов, выше, чем кирпича. Расход технологического топлива также превышает, как уже указывалось выше, расход топлива при изготовлении кирпича. Ввиду невозможности достаточно эффективно механизировать процесс кладки камней, расход строительной рабсилы примерно таков же, что и при кирпиче. В связи с этим, производство силикатных камней следует рассматривать лишь, как необходимость, вызываемую отсутствием достаточного количества прессов на заводах силикатного кирпича.

МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПУТЕМ ПРОПАРКИ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ ИЛИ ПУТЕМ ВОЗДУШНОГО ВЫЗРЕВАНИЯ

Легкобетонные (теплобетонные) камни

Определение. Легкобетонными (теплобетонными) камнями называются искусственные строительные камни различной формы и вида, изготавливаемые из различных вяжущих веществ и различных заполнителей различными приемами формования — отливкой, набивкой, штамповкой, пресованием — с различной последующей обработкой: а) медленным твердением камней при обычной температуре; б) запаркой в парильных камерах при атмосферном давлении; в) запаркой под давлением в автоклавах.

Камни могут быть сплошные и пустотелые. Сплошные камни в зависимости от толщины камня, соответствующей ширине стены, и от объемного веса, зависящего от количества и качества легких заполнителей, разделяются согласно ОСТ на три марки по толщине: А (38 см), Б (25 см) и В (18,5 см) и на четыре сорта (1, 2, 3 и 4) в зависимости от объемного веса. Таким образом классификация сплошных камней обозначается буквой и цифрой, например А1, Б2, В4 и т. д.¹

Первичной формой применения легкого бетона были бетонные стены, набивные на месте построек. Этот способ производства работ имеет ряд неудобств, важнейшими из которых являются:

- а) длительный срок просушки стен;
- б) трудность своевременной проверки качества монолитного бетона в стене и возможность получения дефектных стен;
- в) возможность появления трещин, возникающих в результате усадочных и температурных деформаций;
- г) недостаточное использование зимой наличного парка механизмов;
- д) значительный расход лесоматериалов на опалубку, сокращающийся при изготовлении камней;
- е) значительный расход цемента, снижающийся при производстве камней, вследствие возможности изготовления их на других вяжущих с помощью пропаривания и вследствие возможности значительно усилить уплотнение бетона;
- ж) затруднительность рационализации рабочих процессов в той мере, как это возможно при заводском изготовлении камней;
- з) затруднительность перехода на индустриальные методы строительства.

В связи с этим в последнее время монолитные стены из легкого бетона в значительной степени вытесняются сооружениями из легкобетонных камней. Правда, производство легкобетонных камней по сравнению с возведением бетонных стен, набивных на месте постройки, имеет свои недостатки, важнейшими из которых являются:

- а) необходимость принятия более высоких коэффициентов запаса прочности, нежели в монолитных конструкциях;
- б) необходимость более мелкого дробления заполнителей бетона;
- в) потребность в более квалифицированной рабочей силе (но зато в значительно меньшем количестве).

Недостатки эти сравнительно незначительны, так что, вообще говоря, применение легкобетонных камней выгоднее возведения монолитных стен.

Виды вяжущих веществ. В качестве вяжущих материалов при изготовлении легкобетонных камней могут применяться: портланд-цемент, шла-

¹ В ряде случаев не исключена возможность изготовления тяжелых бетонных камней (на кирпичном щебне, гравии, щебне, песке), могущих применяться тогда, когда от материала требуется повышенная прочность или же в случае применения камней для возведения стен холодных помещений, для внутренних несущих стен, для браундауэров и т. д.

Коэффициент теплопроводности тяжелых камней колеблется от 0,6 до 1,0. При приготовлении пустотелых камней, их применение, в ряде случаев, становится возможным для возведения наружных стен жилых зданий.

ки-портланд-цемент, пуццолановый портланд-цемент, известково-пуццолановые цементы, гидравлическая и воздушная известь.

Для камней, кладка из которых вполне защищена от атмосферных влияний, в качестве вяжущего вещества могут быть применены также и гипсовые вяжущие вещества: полугидратный гипс, эстрих-гипс и ангидридовый цемент.

Применение того или иного вяжущего зависит от требуемой прочности камней, влажностных условий их службы и от наличия местных сырьевых баз.

Виды заполнителей. В качестве заполнителей при изготовлении легкого бетона могут быть использованы минеральные и органические заполнители. К легким минеральным заполнителям относятся: шлаки, котельные, торфяные и гранулированные доменные, некоторые разновидности зол, пемзовая щебенка и мелочь, диатомовая щебенка, керамзит и т. д. (см. „Легкие заполнители“). К органическим заполнителям относятся: опилки, торф-сфагнум, мелочь древесного угля и т. п.

В зависимости от вида заполнителя бетону присваивается то или иное наименование. Так например шлакобетон, пемзобетон, опокобетон, керамзитобетон, и т. д.

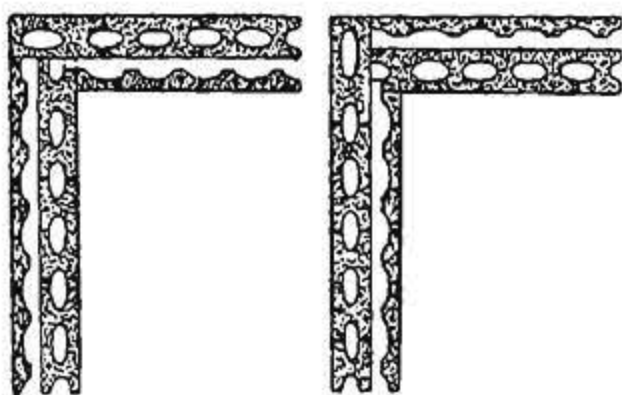
В ряде случаев целесообразно и возможно комбинировать заполнители, учитывая их гидравлическую.

Конструкция камней. Впервые легкобетонные камни стали известны в России в 1898 г. До последнего времени изготовлялись исключительно пустотелые камни различных систем, и только в последние годы начали применяться сплошные камни.

Изготовление пустотелых камней, вызванное необходимостью облегчить вес камней, как с целью увеличения их теплоизоляции, так и для удобства их укладки, основывается на использовании теплоизолирующих свойств воздушных прослоек. В отношении последних рядом исследований проф. Нуссельта (Nusselt) и др. было установлено, что воздух является наилучшим теплоизолятором лишь в сухом состоянии, влажность же сильно увеличивает его теплопроводность; точно так же теплопроводность воздуха сильно повышается при увеличении размера ячеек и пустот, в которых он заключен. Дело в том, что при толщине воздушных прослоек, большей 1,5 см приходится считаться с появлением в них конвекционных течений, значи-

тельно ухудшающих их теплоизоляционные свойства. Конвекция быстро возрастает при ширине прослоек свыше 4 см. В этих случаях необходима засыпка пустот теплоизоляционным заполнителем. Поэтому для уменьшения теплопроводности стен необходимо применять замкнутые пустоты возможно малых размеров и в возможно большем количестве.

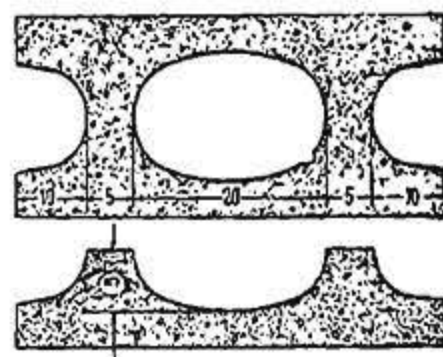
Следует однако заметить, что неподвижность воздуха обуславливается не только предельной шириной прослоек, но и отсутствием щелей в швах кладки.



Фиг. 35. Кладка из камней „Торонто“ в $1\frac{1}{2}$ камня.

На основе этих положений был разработан ряд систем пустотелых камней.

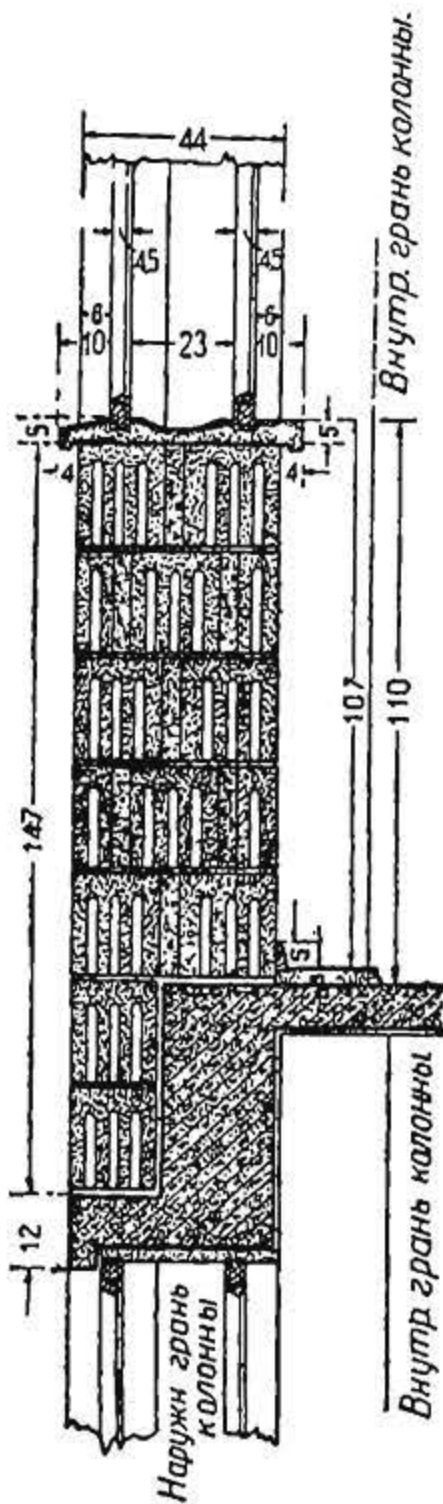
Наиболее распространенной системой бетонных камней была американская система „Торонто“ (фиг. 34); камни имели размер $50 \times 20 \times 20$ см с одним рядом больших пустот шириной в 10 см. При кладке их в $1\frac{1}{2}$ камня с отступкой в 5 см между целым камнем и половинкой



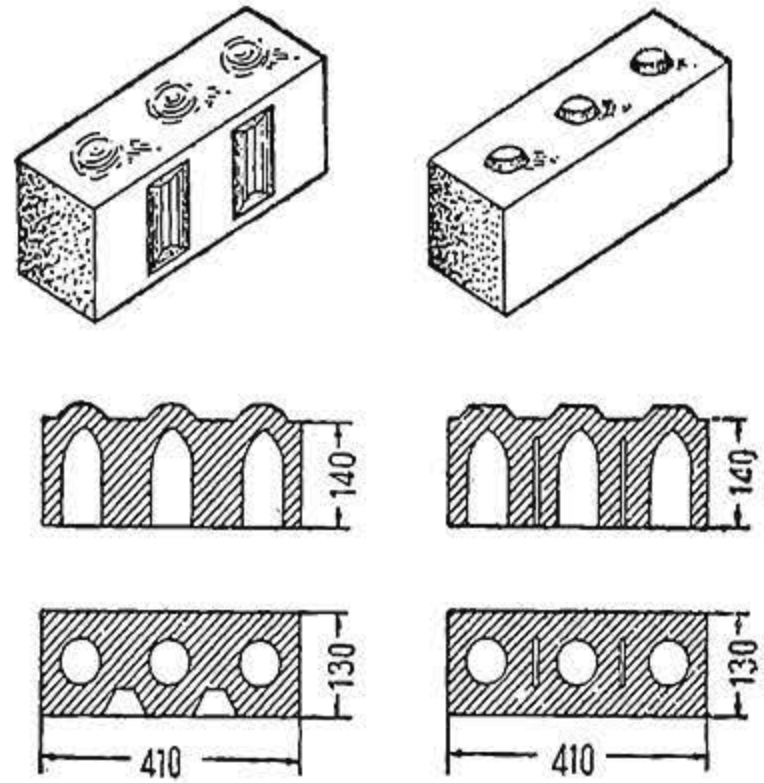
Фиг. 34. Камень типа Торонто.

мой и соотношением размеров пустот в длину и ширину к размерам камня.

На бетонных заводах треста „Теплобетон“ и „Новостромтреста“ изготавливались пустотелые камни „Ауфбау“ (системы С. А. Торлецкого).



Фиг. 39. Кладка из камней „Крестьянин“ толщиной в 2 камня.

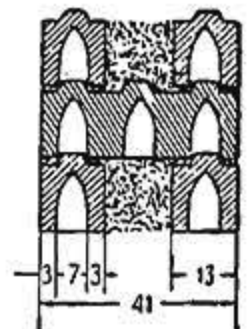


Фиг. 40. Камень типа „Ауфбау“ (ручной ставок с разъемными формами).

Фиг. 41. Камень типа „Ауфбау“ (механизированный станок).

Камни этой системы размером $41 \times 13,5 \times 13,5$ см содержат в себе три замкнутых одной стороны полости, располагающиеся в кладке вертикально, и кроме того имеют и длинных своих сторонах по четыре призматических углубления на тычковых камнях и по два — на ложковых. Полости на замкнутой стороне оканчиваются возвышениями — шишками (фиг. 40). Конические (колоколообразные) замкнутые с одной стороны полости получают вследствие особого приема трамбования, заключающегося в том, что в трамбуемый камень вколачиваются металлические конусообразные тела (шрапнельные стаканы). Объем пустот в камне составляет около 9,0%. Сличительным свойством кладки из камней „Aufbau“ является автоматизм рабочих процессов (совпадение выступов с колоколообразными пустотами).

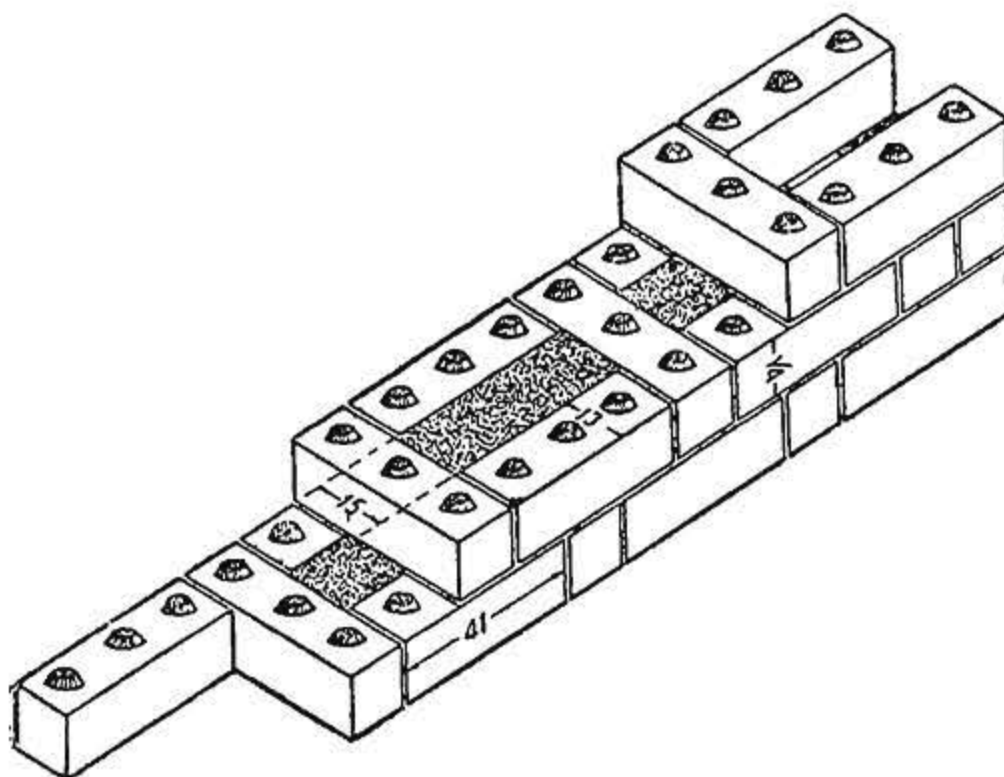
В последнее время в конструкцию камней, при изготовлении их на механизированных станках, внесено некоторое изменение, а именно: боковые поверхности камня делаются гладкими, а вместо боковых углублений вводится две вертикальные ножевые пустоты шириной в 2 см, располагающиеся между колоколообразными пустотами (фиг. 41). При кладке стены в ней создаются пустоты двух родов: замкнутые, образуемые цилиндрическими пустотами в отдельных камнях, и сквозные по всей высоте стены, образуемые благодаря тому, что стена укладывается из двух рядов камней с воздушной прослойкой между ними,



Фиг. 42. Кладка из камней „Ауфбау“ (разрез).

равной ширине камня. Прослойка должна быть засыпана термоизолятором.

Кладка из камней „Ауфбау“ производится при чередовании ложковых камней с тычковыми. При этом каждый последующий ряд сдвигается



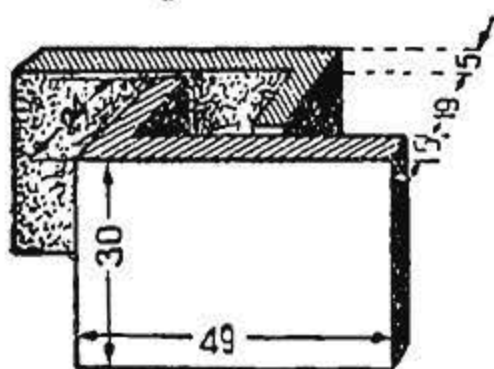
Фиг. 43. Кладка из камней „Ауфбау“ (аксонометрия).

по отношению к предыдущему на $\frac{1}{3}$ камня так, что пустоты не являются свободными колодцами, а представляют собой полость, пересекающуюся в шахматном порядке тычковыми камнями (фиг. 42 и 43).

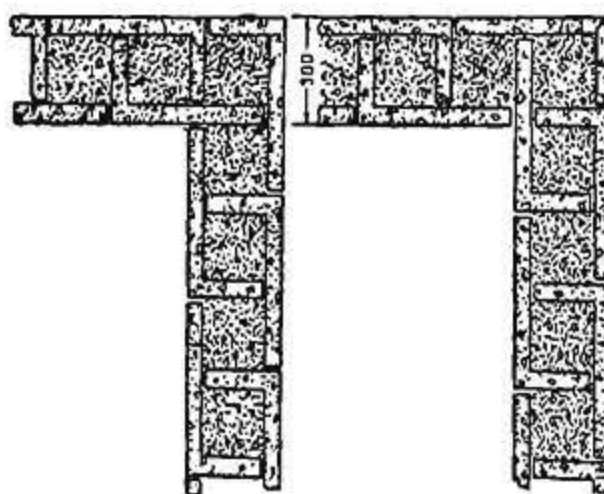
В Германии, где строительство из легковесных камней имеет большое распространение, применяется наряду со сплошными камнями большое количество различных систем пустотелых камней. Наибольший интерес из них представляют камни „Амби“, „Москопи“ и „Рему“.

Камни системы „Амби“ по существу являются сплошными камнями, образующими при кладке системы прямоугольных пустот. Камни имеют уголковую форму, размером $49 \times 30 \times 19$ см, при толщине стенок камня в 5 см (фиг. 44). В кладке два противоположных камня образуют в стене прямоугольную пустую полость (фиг. 45), которую ввиду ее больших размеров целесообразно засыпать термоизолятором.

Камни системы „Амби“ по существу являются сплошными камнями, образующими при кладке системы прямоугольных пустот. Камни имеют уголковую форму, размером $49 \times 30 \times 19$ см, при толщине стенок камня в 5 см (фиг. 44). В кладке два противоположных камня образуют в стене прямоугольную пустую полость (фиг. 45), которую ввиду ее больших размеров целесообразно засыпать термоизолятором.



Фиг. 44. Камень типа „Амби“.



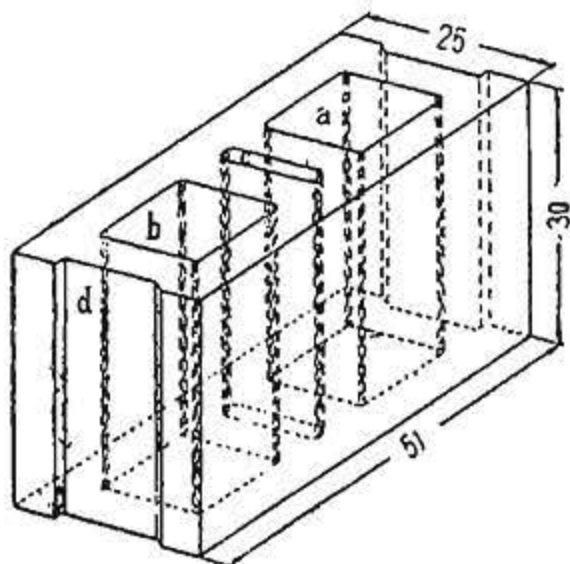
Фиг. 45. Кладка из камней „Амби“.

Камни „Амби“ не нашли в СССР применения ввиду присущих им недостатков, главнейшими из которых являются: возможность продувания через узкие швы и значительная потеря раствора при кладке, как следствие узких постелей. Помимо этого изготовление камней „Амби“ или им подобных требует обязательного применения цемента, так как в противном случае тонкие стенки камней не будут обладать достаточной механической прочностью и нельзя избежать чрезвычайно большого боя.

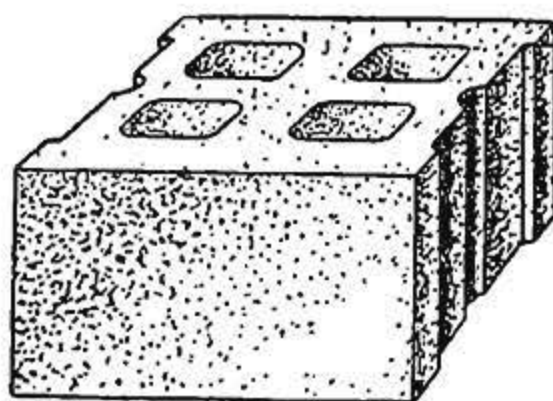
Камни системы „Москопи“ размером $51 \times 30 \times 25-30$ см (последний размер—ширина) имеют две пустые полости *a* и *b*, с одной стороны замк-

путье, а с другой стороны открытые; между этими двумя полостями проходит третья узкая полость *c*, открытая с обеих сторон (фиг. 46). В торцевых концах блока устроены впадины *d*, которые при смыкании двух блоков торцами также образуют сквозную пустую полость.

Камни укладываются отверстиями больших полостей вниз, вперевязку в полкамня, так что сквозное отверстие *c* приходится над двумя полостями *d*, и заполняющий эти пустоты раствор образует таким образом одно сплошное ребро, проходящее через всю высоту кладки. Сквозные вертикальные швы могут быть армированы.



Фиг. 46. Камень типа „Москорф“.



Фиг. 47. Камень типа „Hubaleck“.

Камни системы „Hubaleck“¹ снабжены двумя или четырьмя замкнутыми пустотами (фиг. 47). Имеющиеся в торцевых стенках желобки допускают армирование кладки вертикальными стержнями.

Камни системы „Рему“ (фиг. 48) имеют четыре тонких пустоты, из которых две средние расположены вдоль камня, а две крайние поперек. Пустоты имеют прямоугольное сечение со слегка закругленными углами и с верхней стороны замкнуты.

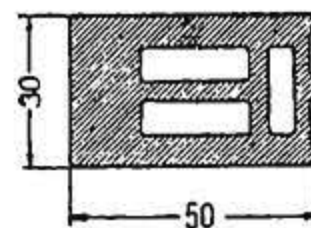
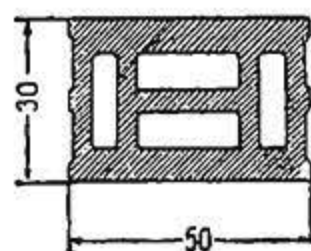
Ниже приводим сравнительную таблицу 37 свойств сплошных и пустотелых камней различных систем (в основу принята сравнительная таблица, приводимая в книге „Типовые конструкции стен из пустотелых бетонитовых камней“, серия 103 Иннорса, стр. 10).

Из камней с незаполняемыми пустотами наиболее рациональными, согласно исследованиям ВИС² являются:

а) с пустотами в виде нескольких рядов тонких узких щелей, расположенных в шахматном порядке (например камни „Крестьянин“);

б) так называемый трубчато-пустотелый камень, имеющий большое количество круглых мелких вертикальных пустот, также расположенных в шахматном порядке (в СССР не изготавливается).

В обоих типах пустоты должны перекрываться с одной стороны диафрагмой. При отсутствии перебивки пустот диафрагмами кладка в строительном и теплотехническом отношении является неудовлетворительной.



Фиг. 48. Камень типа „Рему“.

¹ Инж. Р. М. Михайлов, Пемзовые строительные материалы, изд. Института прикладной минералогии, М. 1930.

² „Сообщение Института сооружений“ № 13, Шлакобетонные наружные стены, Г. А. Вутке (при участии В. А. Камейко и П. В. Баликова) ГНТИ, М. 1930.

НТБ
ДНУЖТ

Таблица
Свойства сплошных и пустотелых искус

| Система камня | Размер в см | Вес камня в кг (цементный бетон) | Объем пустот в камне в % | Толщина стен во 2-м климатическом поясе в см | Количество камней на 1 м ² стены |
|-----------------|--------------|----------------------------------|--------------------------|--|---|
| Сплошные | 38×21,5×18,5 | 20 | Нет | 38,0 | 25 |
| „Торонто“ . . . | 50×20×20 | 18 | 31,2 | 35,0 | 15 |
| „Рациональный“ | 52×21×21 | 20 | 25,0 | 38,3 | 12 |
| „Крестьянин“ | 50×20×20 | 20 | 20,0 | 36,5 | 15 |
| „Aufbau“ | 41×13×14 | 8 | 9,0 | 41,0 | 36 |
| „Атми“ . | 49×30×19 | 15 | Нет | 30,0 | 14 |

Основным преимуществом пустотелых камней по сравнению со сплошными является некоторое уменьшение количества расходуемых материалов и возможность применения более легких несущих конструкций. При засыпке пустот это преимущество в значительной степени отпадает.

Одновременно с указанными достоинствами кладке из пустотелых камней свойствен ряд недостатков, главнейшими из которых являются:

а) необходимость применения бетона большей механической прочности в тонкостенной конструкции, что связано с употреблением более жирного раствора, т. е. с большим расходом вяжущего;

б) нередкое появление вертикальных трещин в отдельных стенках, образующих пустоты, что объясняется неравномерностью механических напряжений в конструкциях из пустотелых камней и температурными деформациями;

в) возможность образования конденсата на стенках пустот, что ведет к снижению теплоизоляционных свойств воздушных прослоек;

г) повышенная по сравнению со сплошными камнями затрата рабочей силы на ручное приготовление камней и их кладку в стены, что объясняется усложнением как работы по приготовлению камней, так и конструкции;

д) повышенный процент боя при транспортировке тонкостенных камней;

е) затруднительность отески пустотелых камней, что в свою очередь затрудняет проектирование зданий и конструкций в отношении размещения оконных и дверных проемов и связывает проектировщика при выборе величины пролетов, которые приходится делать по величине кратными целому и половинному камню;

ж) возможность осадки термоизолятора и образования незаполненных пустот в засыпаемых прослойках, что особенно может иметь место при применении торфа-сфагнума.

Кладка из сплошных камней по наблюдениям Института сооружений имеет ряд специфических преимуществ, как например

а) чрезвычайно легкая отеска сплошных камней, что облегчает проектировку здания в отношении расположения дверных и оконных проемов;

б) значительная простота как в отношении проектирования, так и выполнения отдельных конструктивных деталей (перевязь в углах, гнезда и т. д.);

в) значительная простота приемов кладки;

г) возможность централизовать заготовку сплошных камней в большем масштабе, ввиду отсутствия боя при их гужебойной перевозке;

д) возможность значительно увеличивать ныне принятые размеры камней;

сплошных камней различных систем

| % по содержанию в стене | | | Объем на 1 м ² стены в м ³ | | Количество прослоек в стене | Вес 1 м ² стены | Термическое сопротивление R об. | Коэффициент теплоустойчивости φ | Район применения климатического пояса | Стоимость 1 м ² стены в %-ном отношении |
|-------------------------|----------|--------|--|--------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--|
| пустот | раствора | бетона | засыпки | бетона | | | | | | |
| Нет | 9,0 | 91,0 | Нет | 0,345 | Нет | 500 | 1,22 | 4,25 | IV | 100 |
| 37,0 | 4,0 | 59,0 | 0,130 | 0,206 | 2 | 400 | 0,95 | 4,25 | II, III | 87 |
| 32,6 | 5,2 | 62,2 | 0,075 | 0,233 | 4 | — | — | — | II, III и IV | 97 |
| 32,9 | 5,2 | 61,1 | 0,075 | 0,223 | 5 | 355 | 1,33 | 5,39 | I, II, III, и IV ¹ | 91 |
| 41,8 | 6,2 | 52,0 | 0,136 | 0,213 | 3 | 400 | 1,30 | 5,59 | " " " ¹ | 99 |
| 30,0 | 3,3 | 47,0 | 0,170 | 0,140 | 3 | 340 | 0,84 | — | " " " ¹ | — |

е) значительное сокращение затраты рабочей силы при ручном приготовлении камней (экономия до 41 — 42%), что является прямым следствием простоты работы (сплошная засыпка бетона в простую форму и простота трамбования);

ж) уменьшение затраты рабочей силы на кладку камней вследствие упрощения самой работы и конструкции.

Несмотря на бесспорные преимущества сплошных камней, по сравнению с пустотелыми, все же нельзя сделать вывод о целесообразности массового перехода от изготовления пустотелых камней к производству сплошных камней. Препятствием к этому является значительный объемный вес сплошных камней. Понижение его может быть достигнуто лишь за счет уменьшения прочности камня, что в ряде случаев не может быть допущено.

Поэтому производство пустотелых камней должно иметь место в следующих случаях:

а) когда объемный вес заполнителей таков, что при выбранной работе уплотнения бетона невозможно, вследствие повышенного объемного веса бетона и ухудшенных термических свойств камней, возведение стен толщиной в 38 см²,

б) когда материал предназначен для заполнения многоэтажных каркасных конструкций и желательно максимальное уменьшение веса камня и

в) когда конструкция камней обуславливает простоту и автоматичность производимой из них кладки (например возвышения и перекрывающие их впадины камней „Ауфбау“).

Размеры. Размеры легкобетонных камней могут быть чрезвычайно различными.

Целесообразно изготовление камней наибольших размеров. Однако увеличивать размер отдельных камней выше известных пределов при обычных приемах кладки невозможно, так как в этом случае требуется устройство особых приспособлений и подъемников.

Таким образом, размеры камней должны определяться в соответствии с условиями их применения и желательным весом. Согласно исследованиям бюро рационализации треста „Теплобетон“³ вес камня при работе одной рукой (как с кирпичом) не должен превышать 5 кг, при работе двумя руками (двуручный) — 25 кг и при работе двумя рычагами (четырёх-

¹ В зависимости от вида засыпки.

² Возможен также переход к пустотной кладке из сплошных камней повышенного объемного веса.

³ „Информационный бюллетень треста „Теплобетон“.

НТБ
ДНУЖТ

ручной) — 45 кг. Последние цифры подтверждаются также и данными немецкой технической литературы.

При переходе на механизированные приемы работы допустимый вес камня значительно повышается и может доходить до нескольких тонн. (Примером применения столь тяжелых камней в СССР является строительство домов милиции в Москве и строительство в Харькове.)

Что касается размеров легкобетонных камней, то размеры эти должно выбирать таким образом, чтобы, с одной стороны, имелась возможность соблюдать нужную перевязку, а с другой, возможно было бы класть стены различной толщины в зависимости от теплоизоляционных условий и нагрузок.

Камень, уложенный втычок, должен соответствовать толщине стены и вязаться сам с собой (длина равна двойной ширине). Помимо этого по высоте камня должна быть обеспечена возможность перевязки с кирпичной кладкой (21,5 см — три ряда кирпичной кладки; 44 см — 6 рядов).

ОСТ 3163 на сплошные легкобетонные камни при назначении размеров камней исходит из принципа стандартных толщин стен в 38,25 и 18,5 см и предусматривает следующие размеры:

Таблица 38

Размеры искусственных камней (по ОСТ 3163)

| Марка | Ширина (толщина стены) | Длина | Толщина |
|-------|------------------------------|-------|---------|
| А | 38,0 | 57,5 | 21,5 |
| | 38,0 | 38,0 | 21,5 |
| | 38,0 | 25,0 | 21,5 |
| | 38,0 | 18,5 | 21,5 |
| | 38,0 | 12,0 | 21,5 |
| Б | 25,0 | 116,0 | 21,5 |
| | 25,0 | 57,5 | 21,5 |
| | 25,0 | 57,5 | 44,0 |
| В | 18,5 | 57,5 | 44,0 |
| | 18,5 | 116,0 | 44,0 |

Допускаемые отклонения по размерам (при количестве отклоняющихся по размерам камней не свыше 10%), приведены в таблице 39.

Таблица 39

Допускаемые отклонения в размерах искусственных камней

| При обмере камней (в мм) | При длине камней | |
|-----------------------------|------------------|-----------------|
| | до 380 мм | свыше 380 мм |
| по длине . | 5 | 10 |
| по ширине | 4 | 6 |
| по высоте | 5 | 6 |

Опыт последних лет показал, что при изготовлении камней вышеуказанных размеров не всегда возможно использовать местные легкие запол-

пители, т. к. бетон получается большего объемного веса, нежели стандарт предусматривает. В связи с этим возможно ожидать пересмотра стандарта, в сторону увеличения количества стандартных толщин стен, и, следовательно, в сторону увеличения количества размеров.

Свойства камней. Форма и внешний вид. Каков бы ни был размер камня, форма его должна быть такова, чтобы верхняя и нижняя постели были параллельны одна другой, а боковые грани перпендикулярны к плоскости постели. Устройство каких-либо четвертей или выступов является нежелательным. Ребра и поверхности камней должны быть ровными. Согласно ОСТ 3163 отклонения от плоскостей допускаются не свыше 6 мм при длине камней до 380 мм и не свыше 10 мм при большей длине камней. Количество камней с предельными отклонениями должно быть не более 10% (в зависимости от характера производства камней, их назначения и т. п.). Соглашением сторон могут быть обусловлены и иные допуски.

Объемный вес. Объемный вес легкобетонных камней после просушки до постоянного веса колеблется в пределах от 0,50 до 1,70 в зависимости от объемного веса вяжущего вещества и заполнителя дозировки раствора и работы уплотнения.

В среднем можно принять, что объемный вес легкобетонных камней из котельных шлаков составляет после пропарки от 1200 до 1450 кг/м³, из гранулированных шлаков 800—1300 кг/м³ и из пемзы 900—1100 кг/м³.

Объемный вес легкобетонных камней может подсчитываться по формуле, предложенной Н. А. Поповым ¹,

$$\gamma = \frac{1,15 b + \gamma_{шл}}{\beta} + n,$$

где b — расход вяжущего в кг (в пересчете на сухое вещество) на 1 м³ заполнителя,

1,15—коэффициент, учитывающий количество воды, химически связанной вяжущим,

$\gamma_{шл}$ —объемный вес шлака в кг/м³,

β —выход бетона.

n — количество воды в л, содержащейся в бетоне естественной влажности; n равняется примерно 300 л (у свежепропаренного бетона).

Объемный вес легких бетонов в значительной мере зависит также от степени их влажности. По наблюдениям Института сооружений ² потеря в весе шлакобетона от момента изготовления до воздушно-сухого состояния составляет до 25%. У некоторых бетонов оно доходит до 35%. В связи с этим неизбежно изменение объемного веса камней в зависимости от времени.

Согласно ОСТ 3163 объемный вес сплошных легкобетонных камней в высушенном при 110° до постоянного веса состоянии, равно как и расчетный объемный вес в условиях службы в стене через 1—2 года после постройки, должен соответствовать нормам, приведенным в нижеследующей таблице (табл. 40).

Термический расчет стены следует вести в соответствии с ожидаемым объемным весом материала через 1—2 года после постройки.

Работами автора и инж. Н. А. Попова показано, что выполнение норм, предписанных стандартом в отношении веса высушенного бетона не всегда представляется возможным. В действительности, объемный вес в состоянии, высушенном до постоянного веса, редко снижается ниже 1000 кг/м³ и доходит до 1100—1150 кг/м³. Соотношение между весами свежего бетона

¹ См. подр. Н. А. Попов, „Проектирование монолитных стен из легких бетонов“, Госстройиздат, М.-Л. 1933 г.

² „Сообщение“ № 13.

Таблица 40

Объемный вес сплошных легковесных камней по ОСТ 3163

| Марка камней | А | | Б | | В | |
|-----------------------------------|--|---|---|---|---|---|
| Толщина стен (в см) | 38 | | 25 | | 18,5 | |
| Объемный вес кг/м ³ | В стене в рабочем состоянии через 1—2 года после постройки, | В состоянии, высушен- ном до по- стоянного веса | В стене в рабо ем состоянии через 1—2 года после постройки | В состоянии, высушен- ном до по- стоянного веса | В стене в рабочем состоянии через 1—2 года после постройки | В состоянии, высушен- ном до по- стоянного веса |
| Климатические пояса | | | | | | |
| 1 | 950—1000 | 650—700 | 600—700 | 380—460 | 450—500 | 280—330 |
| 2 | 1100—1250 | 780—940 | 750—850 | 500—570 | 550—600 | 360—380 |
| 3 | 1400—1500 | 1050—1170 | 950—1000 | 650—700 | 650—750 | 420—400 |
| 4 | 1800—2000 | 1570—1700 | 1250—1300 | 940—960 | 900—1000 | 610—700 |

в рабочем состоянии, и бетона в состоянии, высушенном до постоянного веса также не соответствует указаниям ОСТ и его возможно подсчитать следующим образом. Влажность свежего непропаренного бетона (воздушное вызревание) составляет 27—30% по отношению к весу высушенного бетона. Если предположить, что влажность камней в стене через 1—2 года после постройки составляет в среднем 13%, то при теплотехническом расчете следует снижать объемный вес свежего бетона на 9—11% (чем меньше уплотнение бетона, тем больше снижение объемного веса).

При пропаренном бетоне соответствующее снижение составит 7—8%.

Строение массы. Масса камней должна иметь однообразное строение без случайных пустот и прослоек и без свободных трещин, угрожающих целостности камня.

Согласно ОСТ 3163 количество парных половинок сплошных камней и камней со свободными трещинами, допускающих использование таких камней как половинника, не должно превышать 10% от сдаваемой партии.

Механические свойства. Механические свойства легковесных камней колеблются в весьма широких пределах; так например временное сопротивление сжатию различных видов камней через 28 дней по их изготовлении составляет от 12 до 90 кг/см².

Наиболее существенными факторами, определяющими прочность легковесных камней, являются: механическая прочность заполнителей (прямая зависимость), наличие в них гидравлических свойств, форма зерен и гранулометрический состав, активность вяжущего и его количество, количество добавляемой воды, способ перемешивания и его длительность, степень уплотнения бетона при изготовлении штучных изделий, принятый способ обработки отформованных камней (воздушное вызревание или пропаривание) и некоторые другие менее важные факторы¹.

В разделе о легких растворах указывалось, что прочность растворов с применением заполнителей, обладающих гидравлическими свойствами, превышает прочность песчаных растворов, несмотря на пониженную собственную прочность заполнителей по сравнению с песком. При этом прочность различных растворов пропорциональна степени активности мелкой

¹ См. подробно доц. Н. А. Попов „Производственные факторы изготовления мелких бетонов“ Госстройиздат М.—Л., 1933 г.

части этих заполнителей. Так как прочность бетона обуславливается прочностью раствора, то наличие гидравлических свойств у заполнителей без сомнения окажет влияние на прочность легобетонных камней.

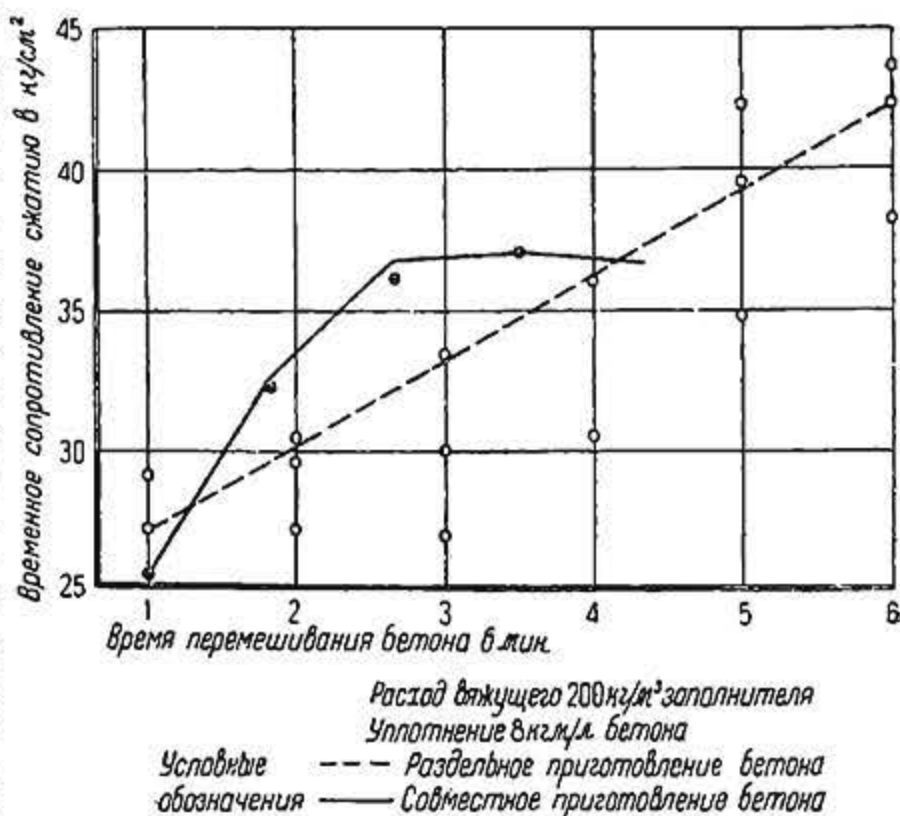
Изменение расхода вяжущего при бетонах однообразной консистенции соответственно отражается на прочности бетона. Зависимость между прочностью и количеством вяжущего графически характеризуется почти прямой линией (см. „Проектирование состава бетона“).

Влияние активности вяжущего ¹ на прочность легкого бетона нельзя считать достаточно выявленным. Возможно предположить зависимость, аналогичную с холодным бетоном, т. е. повышение прочности прямо пропорциональное активности вяжущего.

Влияние количества добавляемой воды отражается не только на химической реакции, обуславливающей процесс твердения, но и на степени пористости бетона. Последняя может изменяться как при избытке, так и при недостатке воды, в обоих случаях приводя к снижению прочности.

При избытке воды пористость бетона увеличивается за счет испарения избыточной влаги. При малом количестве воды затруднительно сблизить частицы слишком жесткой смеси, в результате чего в бетоне образуются воздушные поры. В последнем случае целесообразно применение более сильного трамбования, уменьшающего объем воздушных пор.

Что касается времени перемешивания бетона, то увеличение такового приводит к увеличению прочности бетона. Увеличение времени перемешивания оказывается тем эффективнее, чем точнее состав бетона. Оптимальное время перемешивания различно при различных способах приготовления бетона (см. стр. 164). При совместном приготовлении бетона ² максимум нарастания прочности имеет место через три минуты (фиг. 49). При дальнейшем перемешивании бетона происходит снижение прочности, объясняемое тем, что составные компоненты вяжущего начинают проникать в извилины и поры заполнителя, уменьшая этим жирность бетона. При раздельном приготовлении бетона и вяжущего, последнее обычно имеет густую, тестообразную консистенцию и не может проникать в поры заполнителя. Поэтому при раздельном приготовлении вяжущего и бетона, прочность последнего неизменно повышается с увеличением времени перемешивания. Возможно, в обоих случаях ограничивать длительность перемешивания тремя минутами. Степень уплотнения бетона, обуславливающая ту или иную величину механической прочности, зависит от работы трамбования. Эффективность последней тем выше, чем больше в смеси мелких зерен, защищающих более крупные зерна



Фиг. 49. Зависимость прочности бетонных изделий от времени перемешивания бетона.

снижение прочности, объясняемое тем, что составные компоненты вяжущего начинают проникать в извилины и поры заполнителя, уменьшая этим жирность бетона. При раздельном приготовлении бетона и вяжущего, последнее обычно имеет густую, тестообразную консистенцию и не может проникать в поры заполнителя. Поэтому при раздельном приготовлении вяжущего и бетона, прочность последнего неизменно повышается с увеличением времени перемешивания. Возможно, в обоих случаях ограничивать длительность перемешивания тремя минутами. Степень уплотнения бетона, обуславливающая ту или иную величину механической прочности, зависит от работы трамбования. Эффективность последней тем выше, чем больше в смеси мелких зерен, защищающих более крупные зерна

¹ Активностью называется временное сопротивление сжатию кубиков состава 1:3 по весу с нормальным песком через 28 дней по изготовлении.

² Это положение, проверенное на известково-диаматовом вяжущем, справедливо для любого вяжущего, применяющегося в виде сухого порошка (п.-цемент, глинист-цемент и т. п.).

НТБ
ДНУЖТ

заполнителей от раздавливания при трамбовании и способствующих равномерной передаче давления.

Принятый технологический процесс обработки отформованных тем или иным способом камней (воздушное вызревание или пропаривание) оказывает существенное влияние на скорость приращения прочности (см. „Технологические процессы“). Прочность бетонов воздушного вызревания в начальные сроки твердения в ряде случаев ниже прочности пропаренных бетонов. Сравнительных данных о нарастании прочности различно обработанных бетонов в длительные сроки твердения пока еще не имеется. Таковы факторы, обуславливающие прочность легкобетонных камней. Что касается показателей прочности, то обычно наблюдающееся временное сопротивление сжатию через 28 дней камней с минеральным заполнителем составляет 20—50 кг/см². Максимальные цифры (свыше 30 кг/см²) относятся преимущественно к цементным камням с любым заполнителем или бесцементным хорошо уплотненным камням; минимальные — к бесцементным камням¹ на малоактивной гидравлической добавке или слабых заполнителях.

ОСТ 3163 указывает, что временное сопротивление сплошных камней сжатию должно быть не менее 6 кг/см² для камней, не подлежащих транспортированию, и 12 кг/см² для камней, транспортируемых без особых приспособлений.

Обычно принимается практически, что прочность камней должна быть не ниже: а) для заполнения каркасов и для одноэтажных зданий — 12 кг/см² б) для двухэтажных зданий — 20 кг/см² и в) для большего числа этажей — по расчету, но не менее 25 кг/см². В Германии установлено, что прочность сплошных камней, применяемых для заполнения, должна быть не менее 15 кг/см² и для несущих стен — 20 кг/см².

Теплопроводность. Коэффициент теплопроводности легких бетонов в сухом состоянии колеблется в пределах от 0,1 до 0,4. При увлажнении бетона его теплопроводность сильно увеличивается. В среднем возможно считать, что коэффициент теплопроводности шлакобетонных камней при объемном весе в 1200—1300 кг/м³ равняется 0,2—0,25. При применении более тяжелых заполнителей (опочная щебенка, кирпичный щебень), коэффициент теплопроводности повышается до 0,3—0,4.

Влажность и водонасыщение. Содержание влаги в камнях, доведенных до воздушно-сухого состояния, не должно превышать следующих пределов (зависящих от объемного веса): при объемном весе 1,55—3%, 1,35—4%, 1,25—6%, 1,05—8% и 0,85—10%. При большем содержании влаги происходит увеличение теплопроводности материала².

Водонасыщение бетона составляет 30—35%.

Следует при этом заметить, что так как легкие бетоны являются крупнопористым материалом, они впитывают влагу не столь интенсивно и глубоко, как например машинный кирпич, поэтому влага в них может держаться отдельными пятнами и участками.

Определение влажности камней может быть производимо в полевой обстановке путем высушивания трех целых камней или кубиков при температуре в 40° до постоянного веса. Взвешиванием камней определяется потеря в весе. Частное от деления потери в весе на вес в воздушно-сухом состоянии, умноженное на 100, дает процентное выражение влажности.

Водоустойчивость. Согласно ОСТ 3163 сплошные легкобетонные камни при полном насыщении водой не должны размягчаться или раслаиваться.

Соответствующее испытание производится следующим образом.

¹ Нужно заметить, что термин „бесцементные камни“ не является достаточно точным: более правилен термин „камни на известково-пуццолоновых цементах“

² „Сообщение Института сооружений“ № 13.

НТБ
ДНУЖТ

Камни или кубики в числе трех погружением в воду доводятся до полного влагонасыщения, после чего высушиваются до постоянного веса при температуре в 60°. После трехкратного насыщения и высушивания образцы не должны показывать расслоения, выкрашивания и осыпания кромок и поверхностей.

Водоустойчивость обеспечена в надлежаще изготовленных цементных камнях через 4 дня после их изготовления и в бесцементных камнях — через 10 дней¹.

Морозостойкость. Легкобетонные камни, изготавливаемые на известково-пуццолановых вяжущих, не обладают морозостойкостью и разрушение их (окрашивание граней, отслаивание и т. д.) начинается после одного двух замораживаний. В соответствии с этим ОСТ предусматривается испытание на морозостойкость лишь для камней, предназначенных для наружных стен без оштукатурки (не рекомендуется, см. применение). Испытание на морозостойкость (двукратное замораживание до -10°C с последующим оттаиванием) производится над тремя кубиками или камнями. После каждого оттаивания камни или кубики должны быть осмотрены, причем должны быть записаны все признаки влияния замораживания (трещины, отслаивание, выкрашивание ребер и углов и т. д.).

Огнестойкость. Огнестойкость легкобетонных камней зависит от вида примененных заполнителей. Поэтому не может быть дано каких-либо общих указаний, касающихся всех легкобетонных камней. По картотеке Иннора бесцементные камни признаются огнестойкими при температуре до 700°.

Удобство обработки. Большинство легкобетонных камней, преимущественно же изготовленных из не особенно крупных заполнителей, хорошо поддается теске, легко пилится пилой и даже крученой проволокой, хорошо принимает гвозди и хорошо их удерживает. Штукатурка на камни ложится хорошо благодаря некоторой ноздреватости камней.

Удобство транспортировки. Легкобетонные камни, особенно с органическими заполнителями, обладают значительной упругостью. Это свойство облегчает транспортировку камней на дальние расстояния без риска значительного боя.

Формы и станки. Изготавливать легкобетонные камни можно как ручным, так и машинным способом. Применяемые для этого приспособления чрезвычайно разнообразны и должны удовлетворять следующим двум основным требованиям:

а) форма, в которой производится изготовление камня, не должна изменять своих размеров во время работы и не должна допускать перекоса;

б) способ освобождения камня из формовочного приспособления должен допускать возможность применения бетона необходимой консистенции (не должно быть разрушения камня вследствие неминуемого прилипания бетона к форме).

Все приспособления для формовки возможно подразделить на две основных группы: формы и станки.

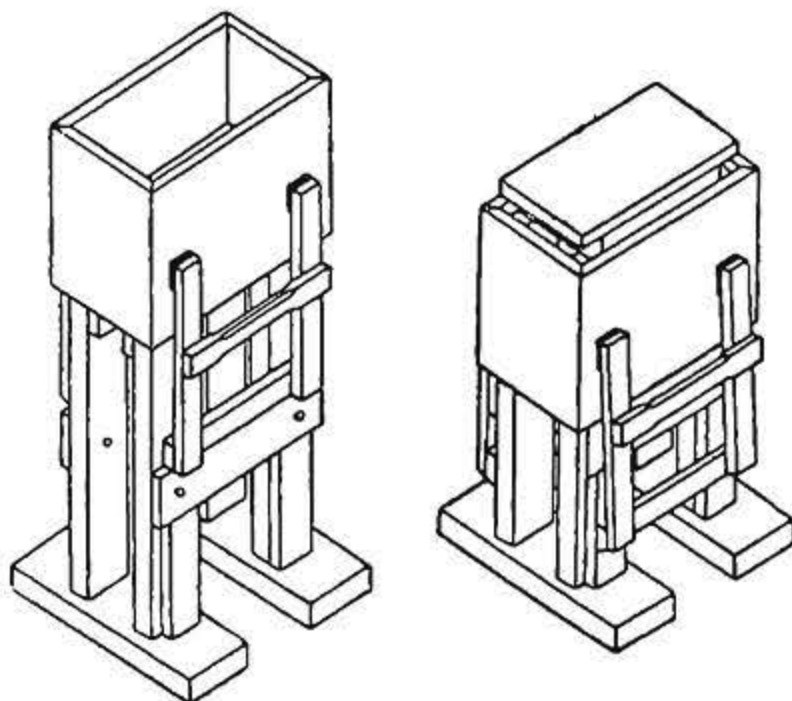
Формами называются такие приспособления, в которых вынимание сердечников (при изготовлении пустотелых камней) и освобождение камня из формовочной коробки происходит вручную. Формы могут располагаться на земле или на специальной станине; в последнем случае они называются станковыми формами (формы Тернавского, Замедянского и т. д.).

Станками называются такие приспособления, в которых названные операции производятся не вручную, а при помощи какого-либо механизма, например рычага (станок „Крестьянин“, станок Степанова и др.). Набивка массы в станках может быть ручная или механическая.

¹ Картотека Иннора „Сплошные теплобетонные камни“.

НТБ
ДНУЖТ

Наиболее примитивными приспособлениями для формовки камней являются формы, собираемые и разбираемые вручную. Эти формы обычно состоят из стенок, скрепляемых между собой и образующих бездонный ящик, устанавливаемый на деревянную подкладку. При изготовлении



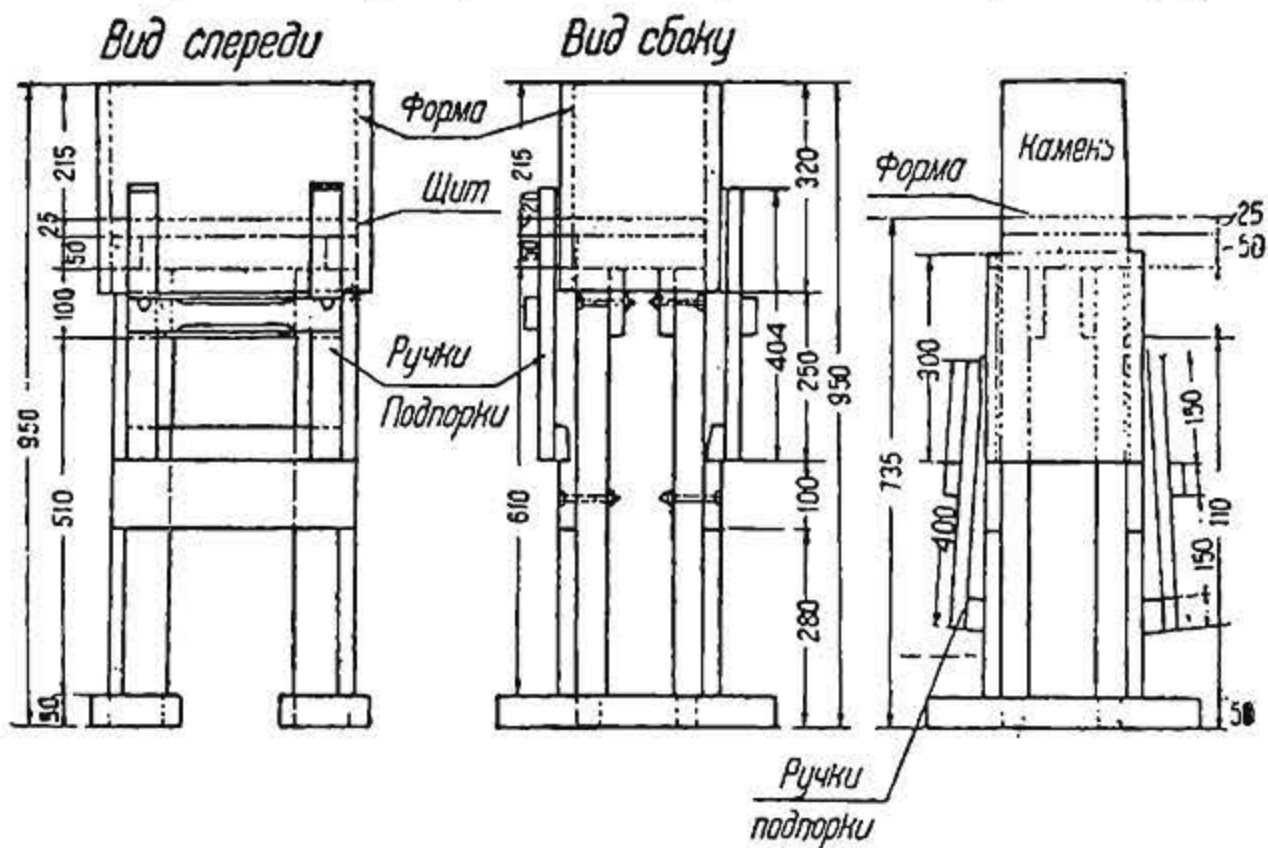
Фиг. 50. Станковая форма системы Тернавского—общий вид.

пустотелых камней на подкладке укрепляются сердечники, служащие для образования пустот в камнях. Формы возможно изготовлять из дерева; во избежание коробления форм и связанного с этим перекоса целесообразно обивать части формы, соприкасающиеся с бетоном, кровельным железом.

Наземные формы, несмотря на неудобство работы с ними, применяются и будут применяться для изготовления камней больших размеров.

Более удобными для работ являются станковые формы. Наиболее распро-

страненными в СССР являются форма Тернавского и форма Замедянского. Обе формы относятся к типу сдвижных форм, характеризующихся тем, что формовочная коробка (при пустотелых камнях вместе с сердечниками) опускается вниз, и таким образом внутренние



Фиг. 51. Станковая форма системы Тернавского.

поверхности формовочной коробки (и сердечников) скользят по поверхности камня.

Форма Тернавского (фиг. 50 и 51) состоит из деревянной подставки с четырьмя направляющими вертикальными стойками, по которым скользит формовочная коробка. Для поддержания последней на требуемой для

НТБ
ДНУЖТ

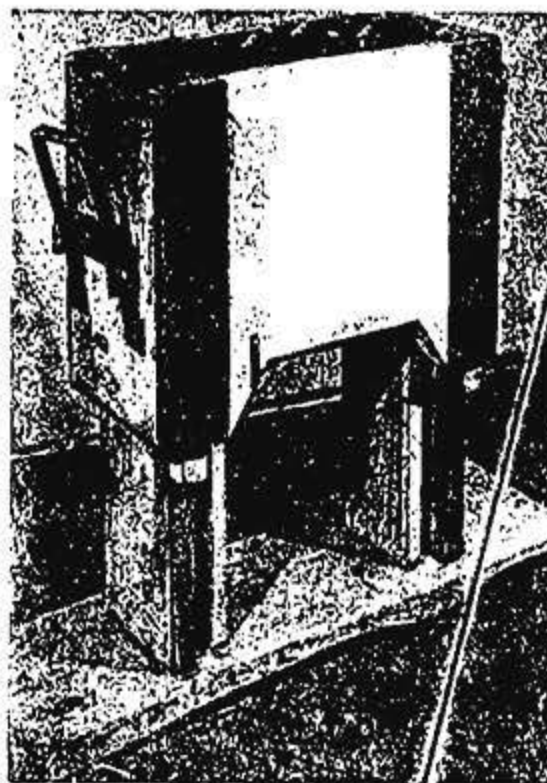
работы высоте приспособлены вращающиеся рамки, одновременно служащие подпорками. Рамки прикреплены вдоль длинной стороны камня к самой формовочной коробке и одновременно являются ручками, надавливая на которые рабочие заставляют формовочную коробку опускаться вниз. Для работы с формой требуется один рабочий.

Достоинством формы Тернавского являются ее дешевизна и простота конструкции.

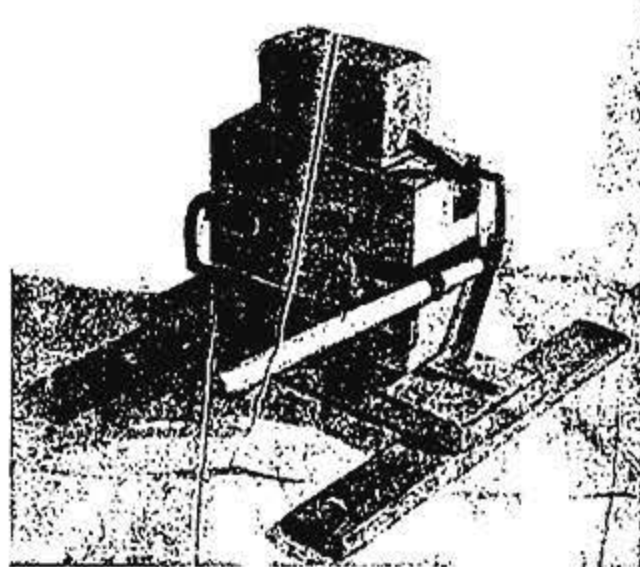
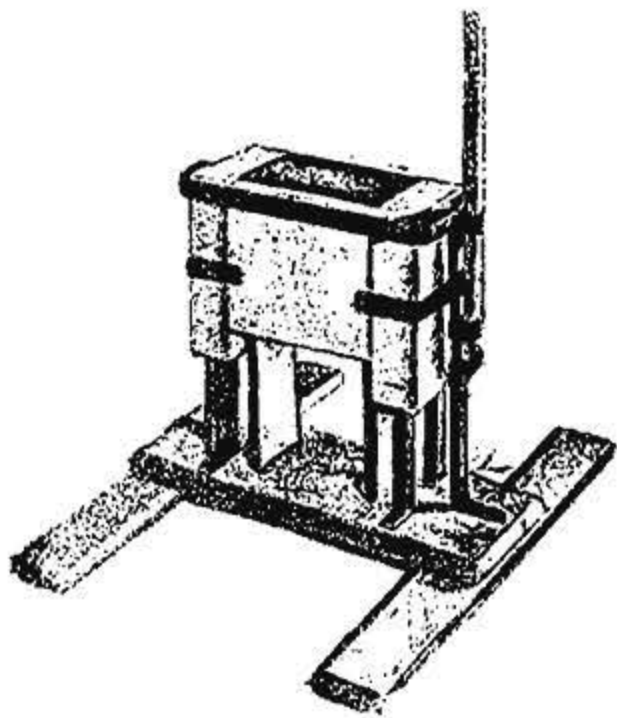
На фиг. 52 представлена форма Замедянского (патент Института сооружений № 29521). Конструкция формы также чрезвычайно проста: на двух неподвижных направляющих стойках, устраиваемых из досок, скользит досчатый короб, обитый железом. При помощи железных ручек особой конструкции коробка поднимается и застревает в отгибах ручек в верхнем положении, образуя ящик вместе с ранее положенной деревянной подкладкой, которая ложится на те же неподвижные стойки, связанные рамкой. Форма также обслуживается одним рабочим. На фиг. 53 показан станок Замедянского улучшенной конструкции (рычажный). Производительность форм Тернавского и Замедянского составляет 200—225 камней за смену.

В значительно большей степени, нежели станковые формы, применяются станки, основным преимуществом которых является меньшая затрата рабсилы.

Наиболее распространенным станком является станок „Крестьянин“. В этом станке освобождение камня из формы достигается скольжением боковых поверхностей



Фиг. 52. Станковая форма системы Замедянского — общий вид.



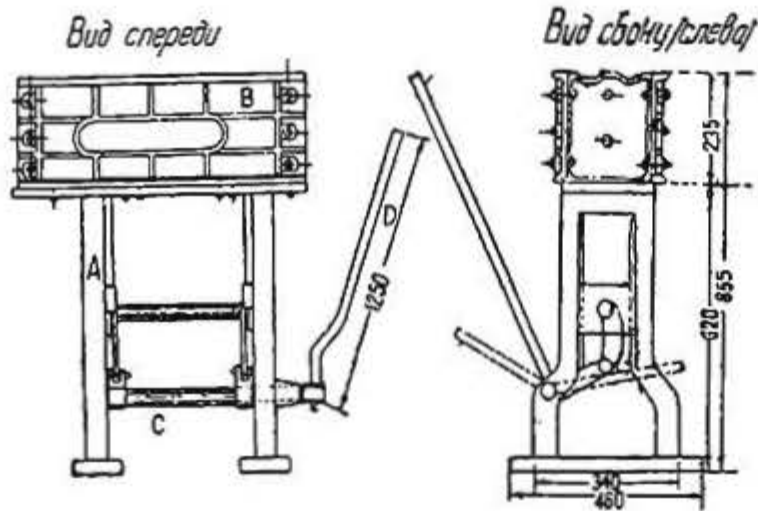
Фиг. 53. Станковая система Замедянского.

камня вдоль стенок формовочной коробки (сдвижной станок).

Станок (фиг. 54) состоит из чугунной станины А, с которой непо-

движно скреплена формовочная коробка *B*. При изготовлении пустотелых камней внутри формы находятся сердечники, служащие для образования

в камне пустот. В нижней части станины укреплен продольный вал *C*, на конце которого насажен рычаг *D*. На том же валу неподвижно насажены два кривошипа, шарнирно соединенные при помощи тяг с подвижной рамкой, могущей подниматься вверх и вниз при вращении рычага *D*. Наверху рамы укреплено металлическое дно, в котором в случае надобности проделываются прорезы для сердечников. На металлическое дно накладывается деревянная подкладка (фиг. 55).

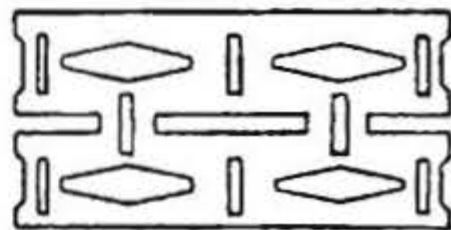


Фиг. 54. Станок для формования камней „Крестьянин“.

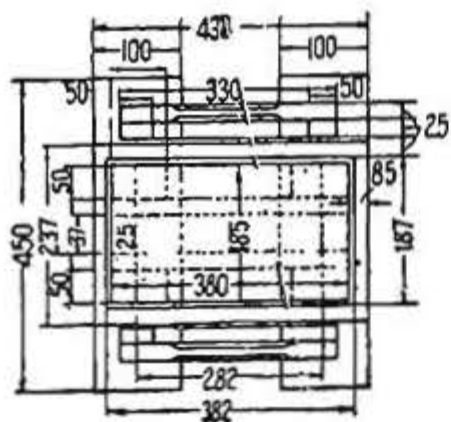
При повороте рычага слева направо дно поднимается вверх и выдвигает камень из формы на такую высоту, что его легко снять вместе с деревянной подкладкой. Формовочная коробка устроена таким образом, что одна из торцовых стенок может устанавливаться в различных положениях, это дает возможность формовать удлиненные камни, необходимые при кладке углов дома.

Станок прост по своей конструкции и достаточно солиден.

Производительность станка при изготовлении пустотелых камней составляет 20 шт. в час и сплошных — 25—28 шт.

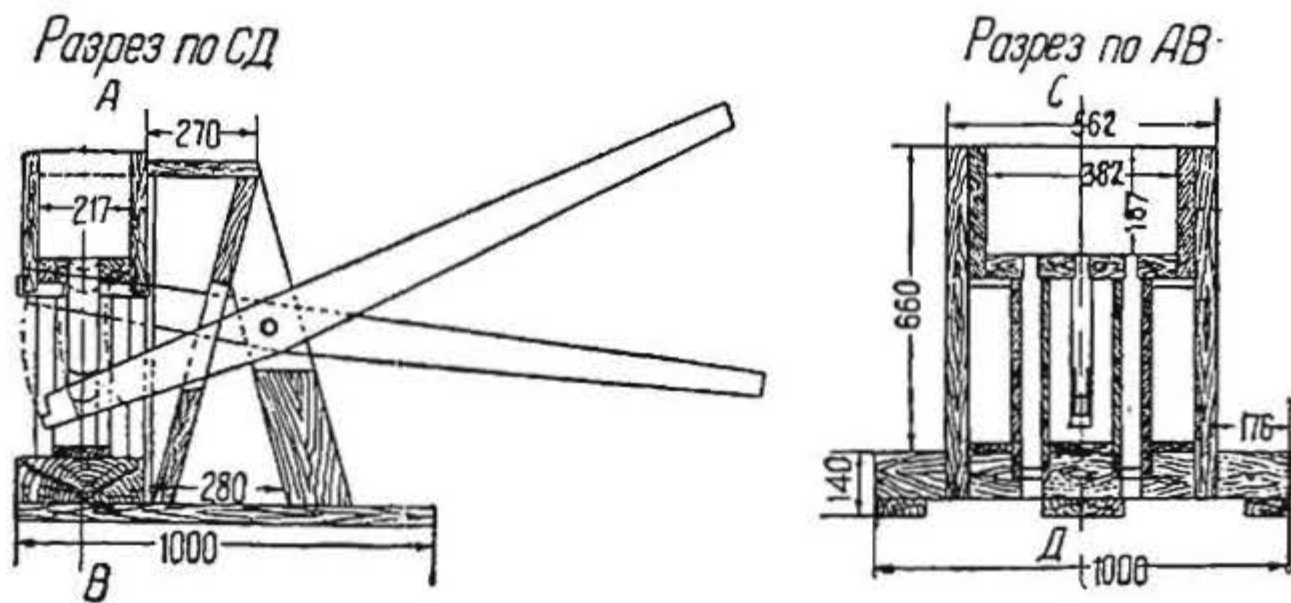


Фиг. 55. Подкладка для формования камней типа „Крестьянин“.



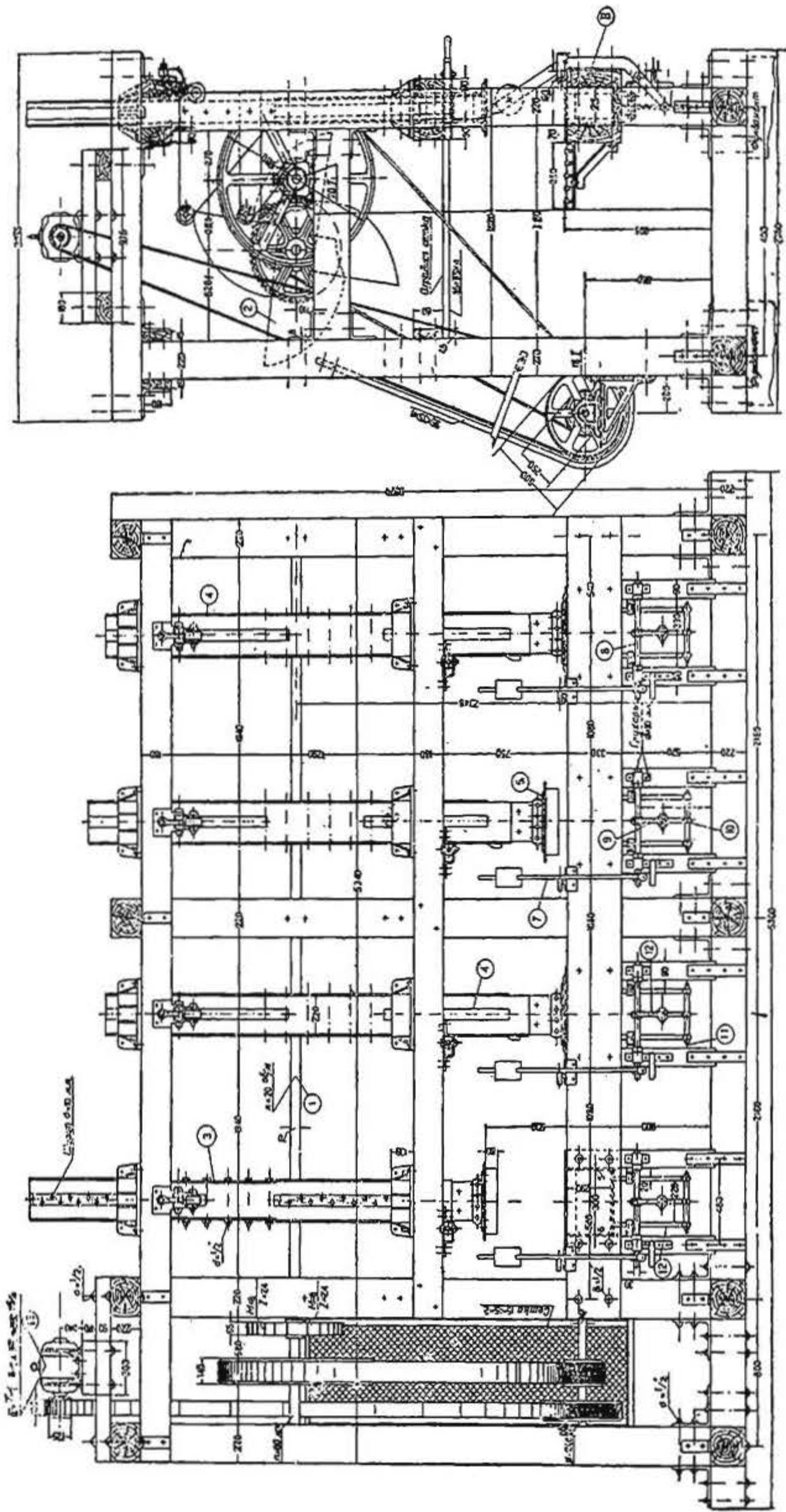
На фиг. 56 показан станок Степанова, также имеющий рычажной выталкиватель для освобождения камня. Станок отличается от вышеописанного станка „Крестьянин“ тем, что он почти целиком изготовлен из дерева.

Недостатками форм и станков с ручным трамбованием являются большое количество брака и неоднородность продукции по прочности.



Фиг. 56. Станок системы Степанова.

НТБ
ДНУЖТ



Фиг. 57. Четырехшпиндельный станок системы Кураева—общий вид.

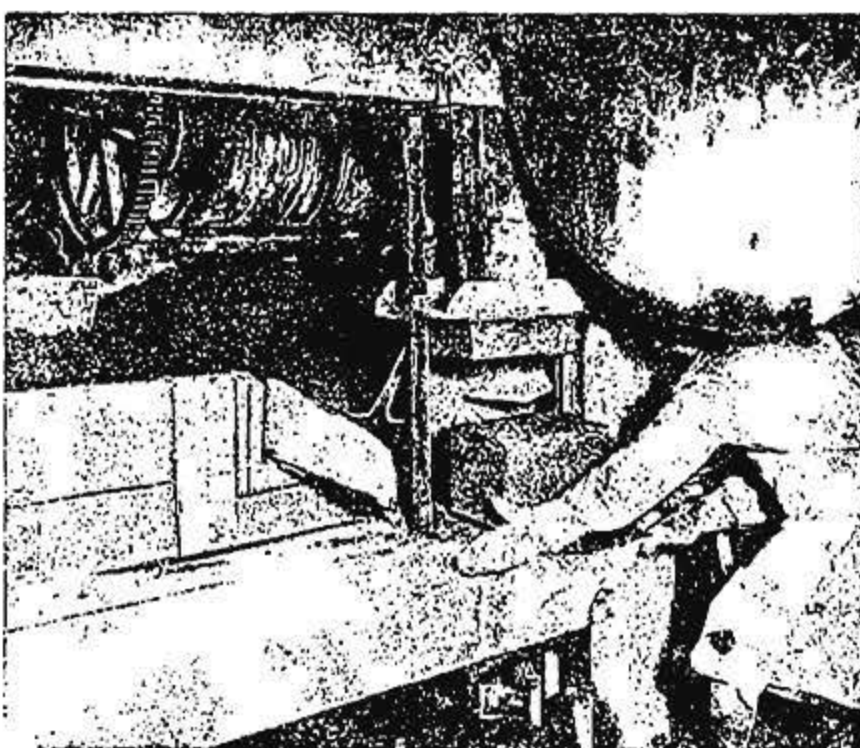
НТБ
ДНУЖТ

Механизированных станков по изготовлению камней в СССР почти не имеется.

Исключением является станок Кураева для изготовления сплошных камней и станок С. А. Торлецкого для изготовления пустотных камней.

Конструкция станка Кураева весьма несложна (фиг. 57). Основной частью станка является станина из составных брусьев, размерами 120×120 мм, устанавливаемая на бутовом фундаменте, толщиной в 0,4 м. Прикрепление станины к фундаменту осуществляется четырьмя анкерными болтами. Брусья станины скрепляются между собой угольниками из полосового железа и болтами. На станине укреплен рабочий стальной вал (1) с двумя секторами (2), предназначенными для подъема трамбуемых штоков (3).

Каждый шток (на фиг. 57 четыре) состоит из соснового бруса, длиной в 2,6 м, шириной в 220 мм и толщиной 120 мм, к которому прикреплен пуансон (5). Последний состоит из обоймы, куда входит нижняя часть бруса. К обойме прикрепляется рама из котельного железа, которая не



Фиг. 58. Станок системы Кураева — выдача трамбованного камня.

дает штоку входить в форму больше определенной глубины. К раме прикрепляется чугунная плита, толщиной в 85 мм, ширина и длина которой на 2 мм меньше соответствующих измерений формы. При опускании штока плита полностью входит в форму. Рама расположена таким образом, что при погружении штока в форму до отказа, расстояние, остающееся между нижней поверхностью плит и поддоном в форме, равно высоте камня. Вес штока с пуансоном составляет 100—125 кг.

К брусу штока в верхней его части прикреплен кронштейн (с роликом), при помощи которого сектор подымает шток. К каждой плоскости бруса прикрепляются две планки из полосового железа (одна в верхней и одна в нижней части его). При движении штока планки скользят по углублениям направляющих чугунных коробок, прикрепленных в станине станка и, таким образом, направляют шток по вертикали. К одной из планок прикреплен сухарь (выступ), на котором подвешивается шток при торможении.

Станок предварительно включается на холостой ход, и штоки держатся автоматическим затвором, прикрепленным к брусу станины на высоте 0,65 м от формы.

При пуске станка рабочий выводит засов из-под сухаря штока и дает ему свободно падать в формы. До окончания процессов трамбования рабочий придерживает затвор; после последнего удара штока рабочий отпускает рычаг и шток своим сухарем повисает на затворе.

Формы (6) сделаны из котельного железа, толщиной в 8 мм, и обшиты деревом. Прикрепление формы между брусьями станины осуществляется болтами. Внутренние размеры формы соответствуют размерам стандартного камня. Перед заполнением формы в нее закладывается поддон. В нижней части формы имеются сухари (выступы), на которые опирается доньшко подъемного механизма. Освобождение камня из формы производится

рычагом (7), поворачивающим вал (8), а вместе с ним кривошип (9). Последний тянет вверх соединенный с ним шарнирно второй кривошип (10) и вместе с ним коромысло (11), штоки донышка (12) и само донышко с поддоном. В некоторых моделях станка освобождение камня из формы производится рычагом, приводимым в движение нажимом ноги на педаль (фиг. 58).

Работа происходит следующим образом: бетон, подаваемый по лотку из растворомешалки (СМ-28), лопатой засыпается в форму (фиг. 59). После наполнения формы затвор штока выключается, и шток свободно падает на массу, находящуюся в форме. При вращении вала сектор своим плечом подходит под ролик кронштейна, поднимает шток и после этого выходит из-под кронштейна и дает штоку свободно падать в форму, уплотняя массу бетона. Уплотнение бетона происходит двумя или больше ударами штока. Чем больше количество ударов, тем больше прочность камней. Работа уплотнения при двух ударах составляет около 10 кгм/л бетона. При переходе от двух к четырем ударам приращение прочности составляет около 30—35%. Следует заметить, что степень уплотнения бетона в формах зависит от количества массы, заложенной в форму. Но поскольку заполнение формы производится вручную, то и качество камня может быть неоднородно.

Станок приводится в движение электромотором (13), в 3-4 НР, передающим движение через контр-привод на трансмиссию, непосредственно соединенную с шестерней рабочего вала.

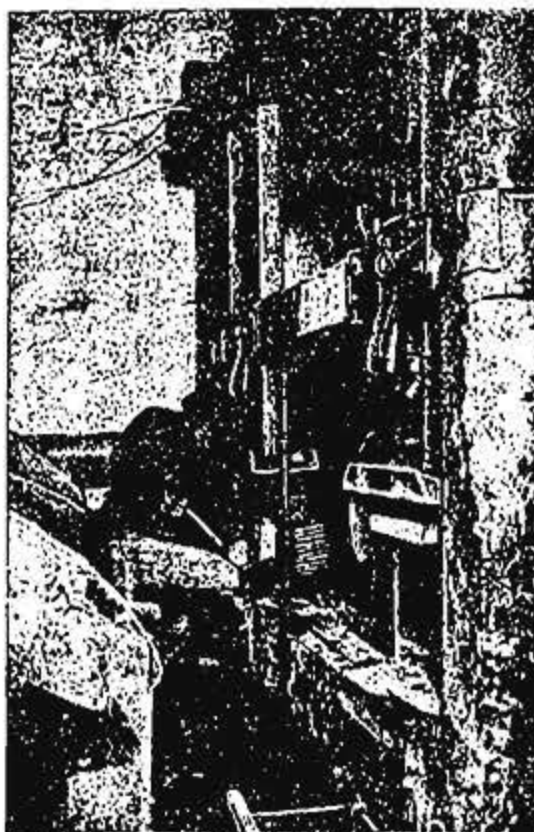
Станки могут быть двухпуансонными (фиг. 59) и четырехпуансонными (фиг. 57). Производительность одного пуансона составляет 1000—1500 камней за смену в зависимости от интенсивности подачи бетона и количества ударов. Четырехпуансонный станок обслуживается 4—6 рабочими.

Основные размеры четырехпуансонного станка следующие: длина 3,64 м, ширина 2,6 м и высота 3,5 м. Общий вес металлических частей станка около одной тонны.

Недостатками станка Кураева являются:

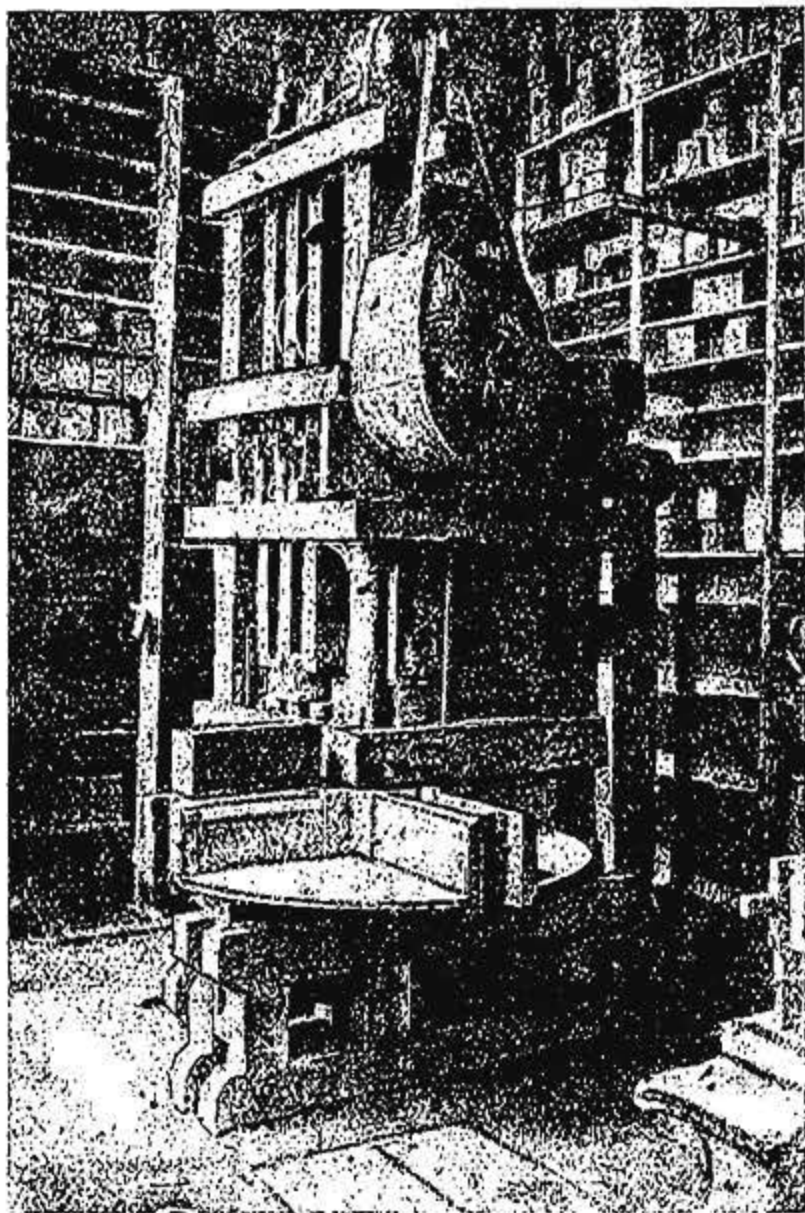
а) неравномерное уплотнение бетона, вследствие неравномерной засыпки массы в форму, б) большее уплотнение верхней части камня, в) значительная разность в прочностях камня по направлению трамбования и перпендикулярно к нему, г) некоторая конусообразность камня, являющаяся следствием некоторой конусообразности формы (для облегчения выталкивания камня), и д) прилипание бетонной массы к поверхности пуансона.

Станок системы Торлецкого предназначен для изготовления камней системы „Ауфбау“. Станина станка (фиг. 60) состоит из четырех стоек, желательнее не деревянных, во избежание расшатывания. На нижней части одной из стоек (обязательно металлическая труба) вращается формовочный стол, на котором крестообразно расположены четыре формы. В формы закладываются деревянные подкладки с тремя конусными отверстиями. Трамбование производится тремя бойцами, приводимыми в движение подъемными парными кулаками. На верху станка укреплен бункер для бетонной массы. Бункер, имеющий скошенную стенку, заканчивается



Фиг. 59. Станок системы Кураева—заполнение формы бетоном.

внизу продолговатым открытым отверстием. Непосредственно над крестообразно расположенными формами находится наполняющий их и предварительно уплотняющий массу ящик, масса в который поступает из бункера. Трамбующие бойцы, срываясь с подъемных кулаков, своим весом и силой удара вколачивают в массу уплотняющие песты (три круглые — шрапнельные стаканы, и два плоских — ножевидных). Упавшие бойцы вновь поднимаются кверху кулаками и опять падают вниз. После одиннадцати ударов бойцы, поднятые до предела их подъема, задерживаются в этом положении концами кулаков. По окончании трамбования стол перемещается на 90°; при этом одна форма занимает положение точно под



Фиг. 60. Механизированный станок сист. С. А. Торлецкого для приготовления камней типа „Ауфбау“.

наполняющим ящиком, одна под уплотняющими пестами, а форма с утрамбованным бетоном поступает на выдавливающий шток. Последний выжимает камень на подкладке кверху, и рабочий снимает его вместе с подкладкой. В это же время происходит трамбование следующего камня и т. д. Вся работа станка, кроме съема трамбованного камня, происходит автоматически. Производительность станка составляет около 1200 камней в смену. Предельная крупность заполнителя составляет 15 мм.

Станок Торлецкого до последнего времени имеет чрезвычайно небольшое распространение, что объясняется рядом присущих ему недостатков. Главнейшими из них являются: а) недостаточное уплотнение бетона штампом наполняющего ящика и бойцами (6—8 кгм/л бетона), б) прилипание вяжущего (особенно известково-диатомового) к стенкам бункера и к штампу

наполняющего ящика и в) частые разбухания деревянной станины, что обуславливает замедления в работе станка.

В последнее время за границей начали применяться станки, снабженные особым трясущим приспособлением (трясок); тряска (вибрация) бетона способствует удалению из него воды и воздуха, а следовательно более равномерному распределению и уплотнению материала в камне. Вибрационные устройства целесообразно применять при жирных и пластичных бетонах, так как при тощих бетонах, а особенно при жесткой консистенции удаляется только воздух и преимущественно из нижних слоев бетона. Для верхних слоев влияние вибрации ничтожно; увеличение же времени вибрации вредно отражается на качестве бетона, вызывая его расслоение. Исходя из этого, целесообразно комбинировать трамбование и вибрацию. Работа трамбования будет восприниматься верхними слоями бетона; нижние же слои будут уплотняться за счет вибрации.

Проектирование состава бетона. Основные зависимости прочности бетона. Основным требованием при проектировании состава бетонной смеси для изготовления легкого бетона является достижение необходимой прочности при минимуме расхода вяжущего и при сохранении возможно меньшего объемного веса. Помимо этого, бетон должен удовлетворять также и требованиям экономического порядка, т. е. для его приготовления должны быть использованы менее дефицитные вяжущие вещества и заполнители местного происхождения.

Основными факторами, влияющими на механическую прочность легкого бетона и определяющими тот или иной состав бетона, являются: а) гранулометрический состав заполнителей и их физико-химические свойства, б) расход воды при изготовлении бетона (водная добавка на $1 м^3$ заполнителя — водовяжущий фактор), в) активность вяжущего, определенная в условиях, аналогичных с производственными, и г) количественный расход его на единицу объема заполнителя. Помимо этого, конечная прочность бетона зависит, как уже указывалось выше, от ряда производственных факторов. Пренебрежение последними может привести к тому, что теоретически назначенные составы бетона, вполне рациональные в лабораторной обстановке, окажутся не наилучшими в производственной обстановке. Наиболее важными производственными факторами являются: различная степень плотности бетона, вследствие различной работы уплотнения, и различные условия вызревания (запарка под давлением и при атмосферном давлении и воздушное вызревание).

Но, как уже указывалось выше, при выборе работы уплотнения необходимо считаться с тем, что при увеличении работы уплотнения увеличивается объемный вес бетона, и, следовательно, ухудшаются теплотехнические свойства камней. Поэтому в тех случаях, когда нас интересует не максимальная прочность материала, а его минимальная теплопроводность, необходимо работать на минимальных степенях уплотнения, доходя до замены трамбования камней литьем массы в формы (увеличение пористости бетона).

Ниже покажем влияние отдельных составных компонентов бетона на его прочность и изложим порядок проектирования состава бетона.

Заполнители. Общие сведения о легких заполнителях и технических условиях, которым они должны удовлетворять, изложены выше. В настоящем разделе остановимся на тех свойствах легких заполнителей, которые отражаются на прочности изготавливаемого из них бетона. К таким относятся: гранулометрический состав смеси, предельная крупность зерен, характер их поверхности, объемный вес, собственная механическая прочность и гидравличность.

Гранулометрический состав. О гранулометрическом составе подробно изложено в разделе о легких заполнителях. Здесь лишь укажем, что подбор гранулометрического состава в легких бетонах имеет, отличие от тяжелого бетона, не только экономическое (колебание расхода вяжущего), но и техническое значение. Так например при избытке мелочи неизбежно появление трещиноватости во время пропарки. При компенсации же недостатков гранулометрического состава излишним расходом вяжущего, возможно ожидать, особенно при известково-пуццолановых цементах, сильного растрескивания, вследствие значительной усадки вяжущего.

Предельная крупность зерен заполнителя колеблется, в зависимости от конструкции камня, от 10 до 40 мм. Уменьшение предельной крупности приводит в обычно применяемых тощих бетонах к значительному снижению прочности (увеличение модуля поверхности при том же количестве смазки и потеря зернами подвижности, шириной для уплотнения или самоуплотнения). В жирных же бетонах (редко применяемых) имеет место обратное явление. Это объясняется тем, что вяжущего клея доста-

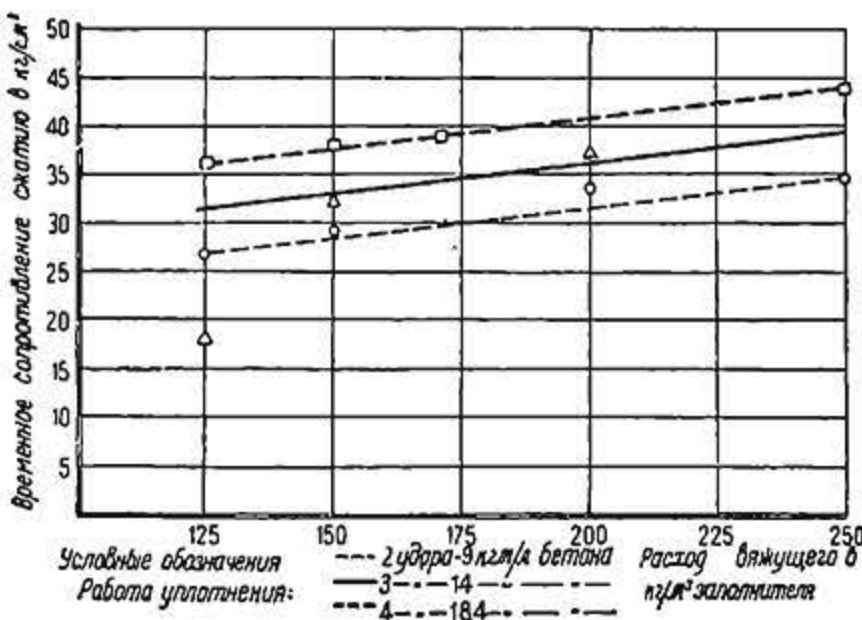
точно для смазки увеличившегося количества поверхностей, а наличие мелких зерен, менее пористых и более прочных, допускает применение менее сильного трамбования.

При изготовлении пустотелых камней с большим количеством пустот (напр. камней сист. „Крестьянин“) предельная крупность зерен не должна превышать 10 мм, пустотелых камней с небольшим количеством пустот (напр. камней „Ауфбау“) — 15 мм и сплошных камней стандартного размера — 40 мм.

Названным предельным крупностям соответствуют следующие оптимальные дозировки мелочи (до 5 мм) и камневидной (подбор по идеальной кривой просеивания).

| | |
|--|------------------|
| При предельной крупности в 10 мм зерен до 5 мм | 70—80% по объему |
| „ „ „ 20 | 50—60% „ |
| „ „ „ 40 | 35—45% „ |

Объемный вес заполнителя и прочность бетона при одном и том же заполнителе и всех прочих равных условиях взаимно связаны. Чем



больше объемный вес заполнителя, тем выше прочность бетона.

Механическая прочность легких заполнителей обычно ниже прочности бетона и поэтому не характеризует собой полностью прочности бетона.

Гидравличность легких заполнителей различна. При высокой степени гидравличности может быть весьма сильное взаимодействие с вяжущим, преимущественно проявляющееся в мелких фракциях, но имеющее место также и на поверхности крупных частиц.

Фиг. 61. Зависимость прочности бетонных изделий от расхода вяжущего и работы уплотнения (для станка Кураева).

Вяжущее. Расход вяжущего на единицу объема зависит от степени возможного сближения частиц заполнителя. Чем ближе гранулометрический состав заполнителей к идеальной кривой просеивания, тем меньше расход вяжущего.

Увеличение содержания вяжущего в единице объема повышает прочность бетона. Работы ВИСа показали, что между расходом вяжущего на 1 м³ заполнителя и прочностью бетона существует зависимость, графически изображаемая прямой линией (фиг. 61). Интенсивность нарастания прочности, характеризующаяся углом наклона прямой к оси абсцисс (коэффициент n) неодинакова у различных вяжущих и различных заполнителей, завися, при одной и той же консистенции, от активности вяжущего, степени уплотнения и наличия гидравлических свойств у заполнителя.

Поскольку выход бетона неодинаков при различных жирностях, несколько уменьшаясь при переходе от тощих дозировок к жирным, то и зависимость прочности бетона от расхода вяжущего на 1 м³ бетона характеризуется не прямой линией, а несколько вогнутой.

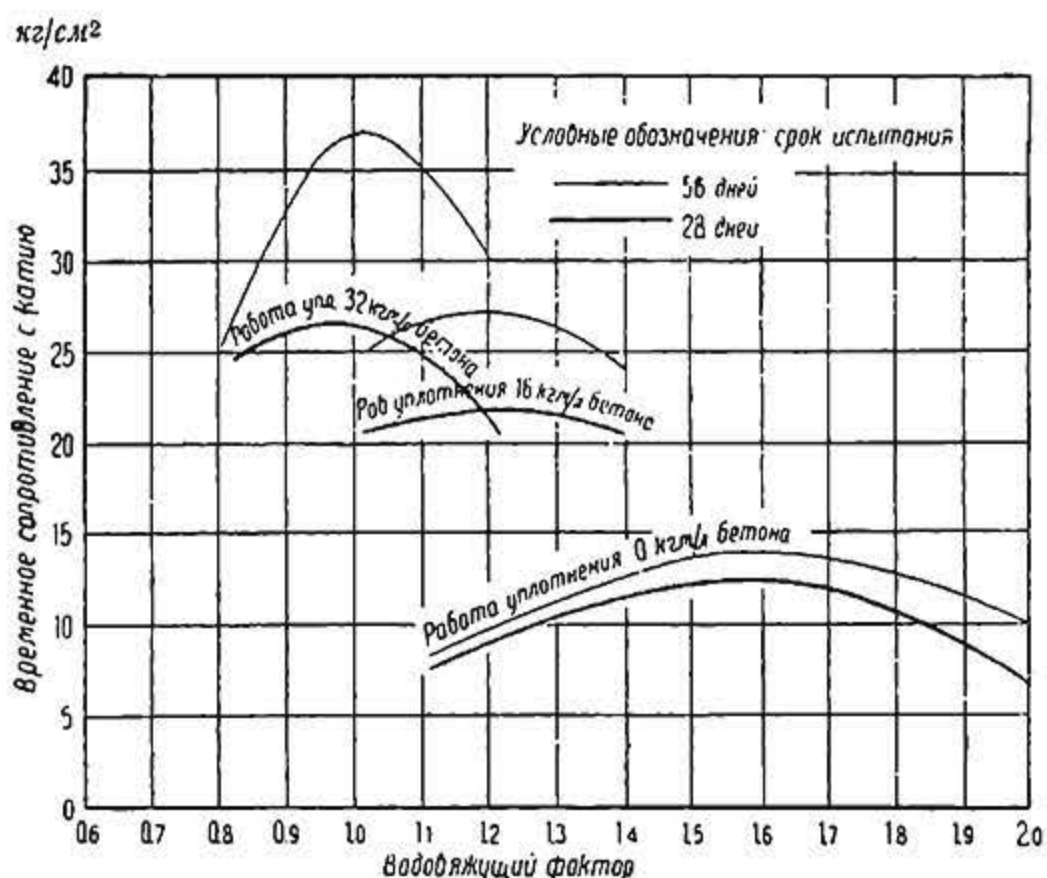
При увеличении расхода вяжущего следует иметь в виду, что есть предел, за которым увеличение вяжущего не приводит к увеличению прочности бетона.

Максимальное содержание вяжущего в легком бетоне составляет по-

НТБ
ДНУЖТ

тому, при известково-пуццолановых смесях, 325—350 кг/м³ бетона; минимальное — 170—210 кг/м³ бетона.

Водовяжущий фактор. Под водовяжущим фактором понимается отношение веса воды, имеющейся в бетоне, к весу вяжущего. Водовяжущий фактор и прочность легкого бетона связаны, подобно области тяжелого бетона, уравнением: $R = f\left(\frac{w}{c}\right)$. При увеличении содержания воды выше известного предела прочность бетона снижается, так как с одной стороны, вследствие раздвигания частиц вяжущего друг от друга, ослабляются вяжущие свойства клея, а с другой — при последующем высыхании бетона увеличивается его пористость. Предельное содержание воды в легких бетонах, т. е. те водовяжущие факторы, с которыми возможно работать при трамбованных бетонах, значительно выше допустимого со-



Фиг. 62. Кривые зависимости оптимального водовяжущего фактора от работы уплотнения.

держания воды в тяжелых бетонах, что объясняется пористостью легких заполнителей и их влагоемкостью. Работы ВИСа показали, что колебания прочности бетона, зависящие от водовяжущего фактора, весьма значительны, доходя в некоторых случаях до 400%¹.

Водовяжущий фактор является, наравне с уплотнением, решающим моментом при проектировании состава бетона, так как он отражается на удобообрабатываемости бетона, т. е. на степени подвижности его частиц. Последняя же, в свою очередь, определяет выбор производственных условий формования и уплотнения.

Водовяжущий фактор может быть истинным и кажущимся. Под истинным водовяжущим фактором понимается отношение веса воды к весу вяжущего, без учета содержания воды в заполнителях, в предположении, что заполнители насыщены водой полностью и не будут поглощать воду из вяжущего теста. Под кажущимся водовяжущим фактором — включая содержание воды в заполнителях. Применение истинного водовяжущего фактора затруднительно, в виду возможной отдачи воды заполнителями

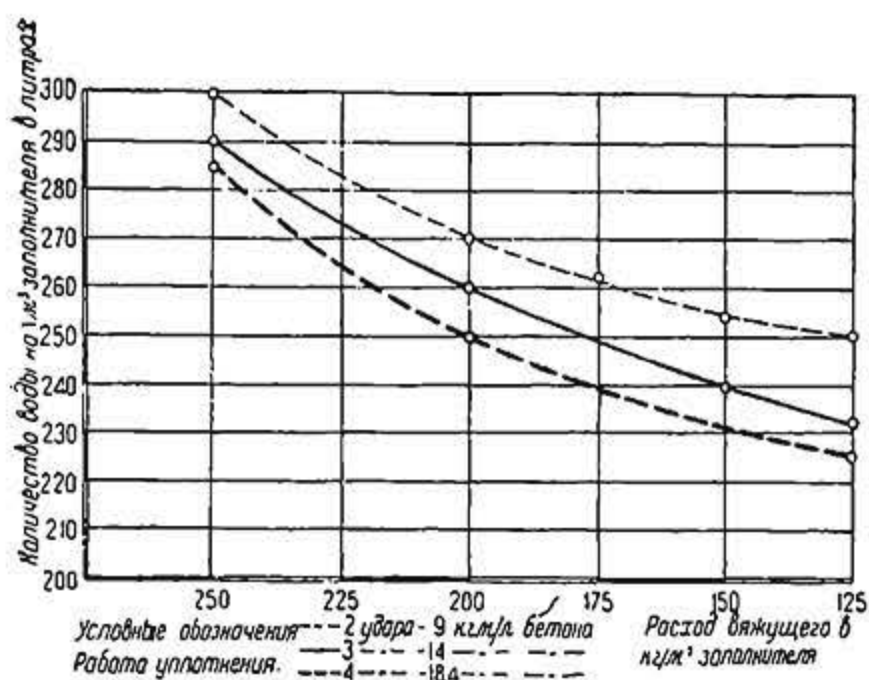
¹ Р. М. Михайлов и Н. А. Попов „Опыт аналитического исследования легких бетонов“, изд. ВОРС, Москва, 1932 г., стр. 37.

в тесто, и поэтому проектирование состава бетона производится с применением кажущегося водовяжущего фактора.

Как видно из фиг. 62, кривая зависимости имеет две ветви. Левая ветвь характеризует бетоны с недостаточным содержанием воды, и правая — с избыточным. Оптимальный водовяжущий фактор находится в точке перелома кривой. Опыт показывает, что во многих случаях оптимальный водовяжущий фактор совпадает с той предельной его пластичностью, при которой еще возможно формировать бетон, пользуясь приемами механического уплотнения (влажно-пластичная консистенция). Но в некоторых случаях оптимум лежит за пределами этой пластичности, приводя к литой консистенции, что исключает возможность работать на оптимуме, и приходится работать на левой ветви кривой. При этом чем тоще бетон, тем ближе подходит точка оптимума к литой консистенции бетона. В соответствии с изложенным следует придерживаться правила введения наибольшего количества воды в бетоне, до тех пор, пока это допускает необходимая

по условиям работы консистенция бетона. Иначе говоря, необходимо, чтобы кубики не имели оплыва, но были бы на грани этого.

Основные зависимости водовяжущего фактора. Оптимальный водовяжущий фактор не является постоянной величиной и его значения меняются, в зависимости от вида вяжущего, типа заполнителя, расхода вяжущего (т. е. жирности бетона) (фиг. 63), степени уплотнения (фиг. 62 и 63) и порядка введения воды в бетон.



Фиг. 63. Зависимость размера водной добавки от расхода вяжущего и работы уплотнения (для станка Кураева).

Каждое вяжущее имеет свой оптимальный водовяжущий фактор, зависящий с одной стороны от нормальной густоты вяжущего теста, а с другой — от способности данного вяжущего давать клей необходимой пластичности.

Как уже указывалось выше, значительная величина водной добавки объясняется пористостью заполнителя. Чем больше пористость последнего, т. е. чем меньше его объемный вес, тем выше абсолютная величина водной добавки и больше водовяжущий фактор.

Чем больше жирность бетона, тем меньше, при мало изменяющейся абсолютной величине водной добавки, оптимальный водовяжущий фактор. Это объясняется тем, что на насыщение заполнителя идет относительно то же количество воды, что и при тощих составах, но количество заполнителя в единице объема жирного состава абсолютно меньше.

Чем больше степень уплотнения, тем меньше оптимальный водовяжущий фактор, так как для достижения одной и той же консистенции потребуются меньшая подвижность частиц, а следовательно и меньшая водная добавка.

Взаимозависимость между водовяжущим фактором и плотностью бетона. Работы ВИСа показали, что бетон, изготовленный на оптимальном водовяжущем факторе, имеет наибольший объемный вес, т. е. наиболее плотную структуру при одинаковой степени уплотнения. Таким образом, оптимальный водовяжущий фактор, при заданной работе механического уплотнения и известной жирности, характери-

чается минимумом выхода бетона¹. Эта зависимость может быть охарактеризована также следующим образом: „Минимум выхода бетона при заданной работе механического уплотнения и данной жирности определяет при различных значениях водовяжущего фактора оптимальную дозировку воды и соответственно обеспечивает получение максимально прочного бетона наибольшего объемного веса“ (фиг. 64).

Выход бетона. Выходом бетона называется отношение объема готового бетона к сумме объемов сухих материалов. Чем выход бетона больше, тем меньше расход вяжущего на единицу объема и тем, следовательно, дешевле изделия. Выход бетона определяется, с одной стороны, формой зерен, характером пустотности в смеси и соотношением между мелочью и крупным заполнителем, а с другой, принятой степенью уплотнения. Таким образом изменение выхода бетона данной прочности может быть достигнуто путем максимального приближения к идеальной кривой прочивания или путем изменения работы уплотнения. Помимо этого выход бетона зависит от его жирности, уменьшаясь по мере ее увеличения.

Подсчет выхода производится по формуле:

$$\beta = \frac{V\delta}{V_1},$$

где

β — выход бетона,
 $V\delta$ — объем полученного бетона и
 V_1 — сумма объемов сухих материалов.

$V\delta$ определяется по формуле $V\delta = \frac{g}{\gamma}$,

где

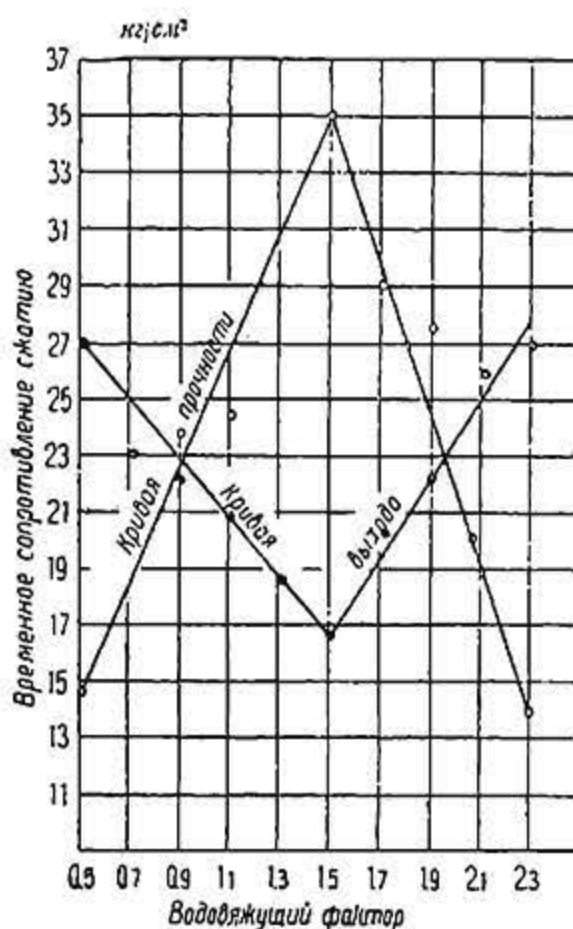
g — вес составных частей бетона, включая воду, и
 γ — объемный вес бетона.

Таким образом для нахождения $V\delta$ необходимо предварительно определить объемный вес бетона (например, путем взвешивания пробных кубиков или же камней) и подсчитать вес пошедших на замес материалов.

Выход известково-диатомо-шлакового бетона средней жирности при уплотнении в 10 кг/л бетона, равен примерно 0,50—0,60 и цементно-шлакового — 0,60—0,65.

Расход вяжущего на 1 м³ бетона различен при одном и том же расходе вяжущего на 1 м³ заполнителя, в зависимости от работы уплотнения (изменение выхода). Возможно принять, что при работе уплотнения в 10—12 кг/л бетона, расход вяжущего на 1 м³ бетона составляет 135—140% от расхода вяжущего на 1 м³ заполнителя.

Назначение состава бетона. Назначение состава бетона заданной прочности заключается в подборе наиболее благоприятного гранулометрического состава заполнителя, в определении надлежащего расхода вяжущего



Фиг. 64. График зависимости прочности и выхода бетона.

¹ Последние исследования инж. Н. А. Попова (см. „Производственные факторы прочности легких бетонов“ — печатается) показали, что величина водной добавки, определенная по минимуму выхода, лежит обычно на 2—4% левее истинного оптимума. Это обстоятельство не имеет довлеющего значения, так как при применении легких заполнителей трудно работать на оптимумах и неизбежна работа на точках, определенных минимумом выхода.

НТБ
ДНУЖТ

щего и нахождении оптимального водовяжущего фактора. Проектирование состава бетона должно вестись при этом с учетом тех производственных условий, при которых будет вестись изготовление камней.

Подбор гранулометрического состава заполнителя может происходить или по кривым, возможно близким к идеальным кривым просеивания или по величине выхода при смешении.

О построении кривых просеивания указано в разделе „Легкие заполнители“. Здесь лишь укажем, что при подборе бетона максимально возможной прочности необходимо считаться с тем, что недостаток мелочи не дает возможности применить сильное уплотнение камней.

Подбор по признаку той или иной величины выхода при смешении может иметь место лишь при наличии на предприятии заполнителей различного гранулометрического состава. Подбор производится путем предварительного сухого смешения имеющихся различных фракций заполнителя в различных количественных сочетаниях и выбора той комбинации, которая дает наименьший выход.

Одновременно с подбором гранулометрии определяются объемные веса различных фракций и смеси заполнителя в воздушно-сухом состоянии и состоянии естественной влажности.

Назначение расхода вяжущего. Размер расхода вяжущего на 1 м^3 заполнителя определяется заданной прочностью.

Расход вяжущего для достижения заданной прочности, при одной и той же степени уплотнения может быть определен графически или же по формуле, предложенной химиком ВИСа М. А. Решетниковым. Последняя формула позволяет определить расход вяжущего для заданной прочности и изменение прочности, в результате изменения расхода вяжущего.

Формула имеет вид:

$$R_1 - R_2 = \frac{1}{n} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot 1000 \cdot \gamma_2}{\beta} \left(\frac{1}{1+m} - \frac{1}{1+m_x} \right), \quad (1)$$

где R_1 — известная прочность при какой-либо жирности бетона на оптимальном водовяжущем факторе,

R_2 — заданная прочность,

n — коэффициент пропорциональности данного вяжущего при данном заполнителе и данной степени уплотнения,

γ_1 — средний объемный вес фракций заполнителя, рассеянных на стандартном наборе сит (до смешения) в $\text{т}/\text{м}^3$,

γ_2 — объемный вес вяжущего в рыхло насыпанном состоянии, в $\text{т}/\text{м}^3$

β — выход бетона при данной жирности,

$\frac{1}{1+m}$ — данная жирность

$\frac{1}{1+m_x}$ — искомая жирность.

Для удобства пользования формула может быть упрощена и принята следующий вид:

$$x = \frac{A \cdot K - n \Delta R}{A}, \quad (2)$$

где x — знаменатель жирности $\left(\frac{1}{1+m_x} \right)$

$$A = \frac{\gamma_1 \cdot 1000 \cdot \gamma_2}{\beta}$$

$$K = \frac{1}{1+m}$$

$$\Delta R = R_1 - R_2$$

В вышеприведенной формуле имеется два неизвестных. Одно из них, а именно n определяется предварительно. Для этого задаются двумя расходами вяжущего (например 125 и 250 кг/м³ заполнителя), изготавливают по три бетонных кубика на каждый расход вяжущего при оптимальных водовяжущих факторах и определяют среднее временное сопротивление образцов сжатию.

n находится по формуле:

$$n = \frac{D \cdot \Delta C}{R_1 - R_2}, \quad (3)$$

где D — средний объемный вес заполнителя, вычисленный из веса 9 фракций,
 ΔC — увеличение расхода вяжущего в кг,
 R_1 и R_2 — прочностные значения при различных расходах вяжущего.

Работами ЦНИИПСа (М. А. Решетников) установлено, что n для портланд-цемента равно трем, для глинист-цемента — шести и для известково-диатомового вяжущего — восьми-десяти.

При нахождении приращения прочности, в зависимости от изменения жирности, формула примет вид

$$\Delta R = \frac{1}{n} A (K - l), \quad (4)$$

$$\text{где } l = \frac{1}{1 + m_x}.$$

В том случае, если расход вяжущего находится по графику зависимости между расходом вяжущего на 1 м³ заполнителя и прочностью, то предварительно происходит построение данного графика. Для этого изготавливается по три кубика-близнеца на одном расходе вяжущего (например 150 кг/м³ заполнителя), при различных степенях уплотнения (например три степени), и три кубика-близнеца для другого расхода вяжущего (например 300 кг) при одной степени уплотнения. Полученные средние прочностные значения откладываются на оси ординат. Точки, соответствующие одной степени уплотнения при различных расходах вяжущего, соединяются прямой линией. Затем проводятся две прямые, параллельные нанесенной и проходящие через нанесенные по оси ординат точки, соответствующие двум другим степеням уплотнения.

На оси абсцисс откладываются отрезки, пропорциональные различным расходам вяжущего (фиг. 61). Кубики каждой серии изготавливаются при одинаковой работе уплотнения, причем водная добавка при каждом расходе вяжущего должна соответствовать оптимальному водовяжущему фактору.

В случае применения сложного известково-пуццоланового вяжущего подбор состава последнего происходит согласно указаний, приведенных в разделе об известково-диатомовых растворах.

Нахождение кажущегося оптимального водовяжущего фактора¹. Оптимальный водовяжущий фактор находится или графически (фиг. 62), или по минимуму выхода, путем изготовления пробных кубиков (14 см³), при различном содержании в бетоне воды, но при одном и том же заполнителе и одной и той же работе уплотнения. При этом и

¹ В последнее время инж. Н. А. Поповым предложено заменить отвлеченное понятие „водовяжущий фактор“ абсолютной величиной „водная добавка на 1 м³ заполнителя“. Так как величина водной добавки колеблется при переходе от одной жирности к другой в небольших размерах, то представляется возможным включить воду в состав дозировки в виде некоторой средней величины, имея при этом относительно незначительное понижение прочности. Согласно предложению Н. А. Попова возможно привести дозировку к следующему виду: например—175 кг вяжущего и 250 л воды на 1 м³ заполнителя.

заполнитель (объемный вес и количество фракций) и выбранная степень уплотнения должны быть идентичны с имеющимся на производстве. Работа производится следующим образом.

Прежде всего находится ориентировочная величина водовяжущего фактора, исходя из следующих соображений: вода требуется для получения вяжущего клея и для смачивания заполнителя. Потребность в воде для образования клея равновелика потребности в воде для получения теста нормальной густоты (25—30% по весу для портланд-цемента, 55% по весу для известково-диатомового вяжущего вещества, 35% для глинит-цемента и 60—70% для извести). Для смачивания заполнителей (шлака) требуется от 15 до 20% по объему шлака. Чем больше работа уплотнения, тем меньше потребуются воды для смачивания заполнителя. Затем берется от 3 до 5 различных водных добавок, готовится по три кубика-близнеца и определяется выход бетона. Численная величина водной добавки должна быть увеличена на воду, содержащуюся в заполнителе, и свободную воду, имеющуюся в вяжущем, что в общей совокупности дает кажущийся водовяжущий фактор. Минимум выхода подсчитывается как среднее из трех-пяти определений. Интервалы между различными значениями водовяжущего фактора при изготовлении пробных кубиков должны быть, как показывает лабораторная практика ЦНИИПСа, тем менее, чем жирнее бетон, а именно:

| | |
|--|-------|
| при расходе извест.-пуццол. вяжущ. в 200—300 м ³ /заполнит. | —0,05 |
| „ 150—175 | —0,10 |
| „ 100—125 | —0,20 |

при работе на портланд-цементе:

| | |
|---------------------|------|
| при жирности до 1:6 | 0,05 |
| 1:10 | 0,10 |
| 1:15 | 0,20 |

Трамбование кубиков производится в выжимных формах размером 14×14×14 см, имеющих свободную насадку, облегчающую насыпку бетона и предотвращающую рассыпание бетона во время трамбования. Масса уплотняется трамбовкой, свободно падающей со стандартной высоты (регулируется высотой насадки, установленной на форме). Площадь трамбовки несколько меньше, чем площадь кубика (зазор для падения). Бетон трамбуется в два слоя.

При подсчете работы уплотнения возможно руководствоваться следующими указаниями: предположим, что вес трамбовки 12 кг, что высота насадки на форме 28 см и что сделано четыре удара на нижний слой кубика и восемь ударов на верхний слой. Тогда работа уплотнения в килограммометрах на кубик составит

$$P = [4(28 + 7) + 8 \cdot 28] \cdot 12 = 4508 \text{ кгсм или } 45,08 \text{ кгм.}$$

При объеме одного кубика в 2,75 литра, имеем работу уплотнения на литр бетона в $\frac{45,08}{2,75} = 16 \text{ кгм}$. Для работы уплотнения в (8—16) ударов и (16—32) удара соответственно имеем 32 и 64 кгм/л бетона, и т. д. Таким образом, работа уплотнения в кгм на л бетона, при высоте насадки в 28 см, равняется удвоенному количеству ударов по верхнему слою.

При наличии определенного водовяжущего фактора для какой-либо жирности при данном вяжущем и данном заполнителе возможно опреде-

лить водовяжущий фактор для другой жирности при одном и том же уплотнении, пользуясь формулой, предложенной М. А. Решетниковым, а именно:

$$\frac{W^x}{C} = A + \frac{\frac{W}{C} - A}{V} V_x \quad (5)$$

где $\frac{W}{C}$ — известный водовяжущий фактор для данной жирности,

$\frac{W^x}{C}$ — искомый водовяжущий фактор при переходе на другую жирность,

A — количество воды для получения нормальной густоты вяжущего теста.

V — знаменатель отношения расхода вяжущего на 1 м³ заполнителя для данной жирности. (Пример: $\frac{1}{V}$ для расхода вяжущего в 250 кг/м³ = $\frac{250}{1000} = \frac{1}{4}$ или $V=4$).

V_x — знаменатель отношения расхода вяжущего на 1 м³ заполнителя при новой жирности.

При переходе с тощих дозировок на жирные (например с 100 кг/м³ к 200 кг/м³ заполнителя) необходимо теоретически полученные в.в. факторы уменьшить на 0,05—0,06 (5—7%).

Переход с одной жирности на другую, при изменении вяжущего, но при одном и том же заполнителе и одинаковой работе уплотнения, может быть произведен по формуле

$$\frac{W^x}{C} = A_x + \frac{\left(\frac{W}{C} - A\right) \cdot V_x \cdot \gamma}{\gamma_x \cdot V}, \quad (6)$$

где A_x и A — нормальная густота нового и данного вяжущего теста,

V_x и V — показатели жирности при новом и данном вяжущем,

γ_x и γ — объемный вес нового и данного вяжущего.

Результаты, полученные по настоящим формулам, следует проверять изготовлением пробных кубиков с определением выхода бетона.

При назначении полевого состава бетона необходимо определение влажности шлаков. Содержание влаги должно быть известно не только для установления действительной потребности в водной добавке, но и для перерасчета объемной дозировки шлака. Как это видно из графика 16, изменение влажности шлаков обуславливает одновременно и изменение их объема. Средней величины переходных коэффициентов от заполнителей в стандартном состоянии (высушенные до постоянного веса) к полевым условиям пока еще не установлено, и при расчетах возможно руководствоваться графиком 16.

Для практической дозировки легкобетонных камней возможно предложить следующие правила: заполнитель дозируется по объему, а вяжущее по весу. Расход вяжущего приводится к 1 м³ заполнителя (например 175 кг вяжущего на 1 м³ шлака).

Процесс производства. Технологические процессы при производстве легкобетонных камней различны в зависимости от того, изготавливаются ли камни на портланд-цементе или известково-пуццолановых цементах, употребляются ли минеральные или органические заполнители и применяются ли пропарочные устройства или твердение камней достигается путем их естественного вызревания.

Длительность этого последнего процесса, чрезвычайная затруднительность изготовления камней в зимнее время и обуславливаемая этим сезон-

ность производства поставили на очередь вопрос о том, чтобы ускорить твердение бетонных камней путем их пропаривания при атмосферном давлении.

Для изготовления камней на известково-пуццолановых цементах в качестве вяжущего материала пока почти исключительно применяется известково-диатомовое сложное вяжущее вещество (см. „Известково-диатомовый раствор“). Эти камни наравне с цементными могут изготавливаться путем пропаривания или путем длительного выдерживания на открытом воздухе (воздушное вызревание). В связи с очень долгим твердением известково-диатомовых растворов в условиях нормальной выдержки и службы камней и возможным падением прочности (в сухих условиях) следует преимущественно применять способ пропаривания. Однако не исключена возможность в некоторых случаях организовывать производство непропаренных камней.

Процесс производства складывается из следующих основных моментов:

- 1) подготовки инертных материалов;
- 2) приготовления бетонной массы;
- 3) формования камней;
- 4) выдерживания камней на стеллажах;
- 5) выдерживания камней в штабелях.

Изготовление камней путем воздушного вызревания. 1. Подготовка заполнителей. Заполнители, применяемые в производстве, должны быть предварительно выдержаны для загашения имеющейся в них извести и выщелачивания серы. По окончании выдержки должен быть произведен их ситовой анализ (рассев на 2 фракции) и, если это понадобится, исправлен их гранулометрический состав.

2. Приготовление бетонной массы. Приготовление бетонной массы может производиться как вручную, так и при помощи мешалок.

Как указывалось выше, при производстве легкобетонных камней должен преимущественно применяться машинный способ приготовления бетона. Исключением являются небольшие кустарные производства, где установка мешалок может оказаться нерентабельной.

При ручном приготовлении бетона на боек насыпается потребное количество легкого заполнителя и поливается цементным раствором или известково-диатомовым вяжущим веществом, имеющим консистенцию сметаны.

Для машинного перемешивания бетонной массы следует применять не бетономешалки, а растворомешалки принудительного действия, так как конструкция лопастей бетономешалок не допускает быстрого и удовлетворительного раздробления теста и получения однородной бетонной массы. При работе же с порошкообразными вяжущими материалами наблюдается образование в процессе перемешивания скатавшихся кусков бетонной массы (диаметром 5—10 см). Помимо растворомешалок СМ-28 и СМ-31, довольно быстро изнашивающихся (поломка кожуха и лопастей), возможно также применение корытных мешалок (фиг. 30).

При изготовлении камней на известково-пуццолановом сложном вяжущем, возможны два варианта приготовления бетона: отдельное приготовление сложного вяжущего и бетона и совместное приготовление бетона и вяжущего. В первом случае в растворомешалку загружается заполнитель и при вращении вала растворомешалки заливается сложным вяжущим, заранее приготовленным по какому-либо из вышеописанных способов (см. известково-диатомовый раствор). Если воды, содержащейся в сложном вяжущем, недостаточно для приготовления бетона, то недостающая вода вводится во время перемешивания бетона. Во втором случае засыпка материалов в растворомешалку обычно производится следующим способом: сначала засыпается часть шлака и поливается извест-

ковым молоком. Затем добавляется гидравлическая добавка в виде теста (предпочтительно) или молока и всыпается оставшаяся часть шлака.

Этот порядок загрузки гарантирует отсутствие прилипания вяжущего к стенкам растворомешалки. Плотности известкового молока и диатомового теста (молока) должны быть таковы, чтобы вся вода, необходимая для изготовления бетона, содержалась бы в молоке и тесте.

Работы ЦНИИПСа показали, что при отдельном приготовлении вяжущего и бетона, прочность бетона в одни и те же сроки всегда выше, чем при совместном приготовлении бетона и вяжущего (фиг. 56).

Готовую массу можно перерабатывать в течение времени до 8 час., так как начало схватывания бесцементного бетона наступает обычно через 12—18 час., причем схватывание в начальной своей стадии идет очень медленно, почти не меняя свойств раствора.

При изготовлении камней на смешанном растворе или же при добавлении известкового молока к тощим цементным растворам необходимо знать точное количество пушонки ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), содержащейся в том или ином количестве известкового молока различной степени концентрации. Знание плотности молока обязательно также еще потому, что плотность молока при одной и той же водной добавке должна меняться в зависимости от влажности инертных материалов. Обычно применяется молоко крепостью в 28—30° по Боме. При повышенном содержании влаги в заполнителях берется меньшее количество молока, но большей крепости.



Фиг. 65. Насыпка формы бетоном и трамбование камня.

3. Формование. Выше указывалось, что камни могут изготавливаться путем прессования, штампования, трамбования, литья и вибрации. При прессовании камней требуется смесь очень сухая, так как пресс не дает равномерного уплотнения, что будет особенно сильно сказываться при сильно подвижных (влажных) смесях. Недостатком этого способа является более сильное уплотнение массы в середине, нежели по бокам и на гранях, в результате чего возможно повреждение граней¹. В СССР не имеется станков, работающих по принципу прессования.

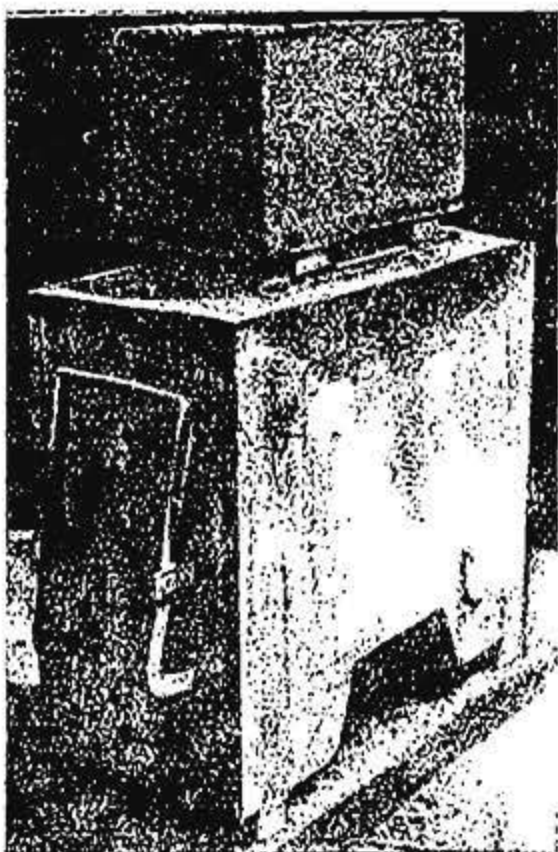
При трамбовании, что является наилучшим способом для жестких и полужестких бетонов, высота слоя не должна превышать 15—20 см.

При изготовлении камней в формах последние собираются и приводятся в рабочее состояние. Затем в нижнюю часть формы укладывается деревянный поддон из 1½ м теса. Размеры поддона должны быть, учитывая разбухание дерева, меньше размеров камня на 5 мм по каждому измерению. На верхней стороне поддона прибиваются две прибоины, вследствие чего камень получает с нижней стороны два углубления. Последние заполняются в кладке раствором и обеспечивают более тесное сцепление камней и раствора. После укладки поддона формы заполняются бетоном.

¹ См. ст. ниж. Н. А. Попова в Информационном бюллетене треста „Теплобетон“ № 5.

Последний насыпается слоем не больше половины высоты формы и тщательно трамбуется деревянными трамбовками (трамбовки обычно обиваются листовым железом во избежание их скорого изнашивания). После уплотнения первого слоя бетона насыпают вторую порцию бетона с некоторым избытком против верхнего обреза формы таким образом, чтобы после утрамбования слой бетона был на 2—3 см ниже обреза (фиг. 65). Затем форма вновь досыпается бетоном, опять-таки с некоторым избытком. Последний слой бетона утрамбовывается плоской гладилкой, которая срезает избыток бетона вровень с краями формы. Затем верх камня заглаживается, после чего камень освобождается от формовочного приспособления (фиг. 66) и вместе с деревянной подкладкой, на которой он лежит, относится на стелаж.

При изготовлении камней на станках рабочий процесс ничем не отличается от вышеописанного. Станок обычно обслуживается двумя рабочими.



Фиг. 66. Выдача отформованного камня на станковой форме системы Замедянского.

При работе на станках „Крестьянин“ один рабочий насыпает бетон в коробку станка, и двое рабочих (включая и насыпающего бетон), размещающиеся с двух сторон станка, трамбуют массу трамбовками. При работе с формой Замедянского и ей подобными рабочий процесс обычно распределяется следующим образом: один рабочий насыпает бетон в коробку формы, трамбует его и один относит камни на стелаж. Приготовление замеса при ручной заготовке бетона ведется теми же рабочими. Замес материала готовится обычно из расчета изготовления из него 35—40 камней. Сложенный на бойке материал несколько раз перемешивается вручную лопатами и смачивается водой, после чего хорошо перемешанная сырая масса начинает закладываться в коробку станка.

При машинном изготовлении бетона количество рабочих, обслуживающих станок, снижается до двух.

Когда коробка станка наполнена, верхняя поверхность массы сглаживается гладилкой заподлицо со стенками коробки, после чего поворотом рычага камень выталкивается на поверхность станка. Подкладка вместе с камнем несколько сдвигается с металлического дна таким образом, чтобы рабочий мог подхватить подкладку под углы и осторожно отнести вместе с камнем на место сушки.

Механическое трамбование камней описано выше.

Помимо изготовления камней путем набивки массы возможно, как уже указывалось выше, изготавливать камни путем отливки. Преимуществом последнего способа является значительное повышение производительности труда и возможность изготовления камней значительно большего размера, чем при употреблении станковых форм и станков. Недостатком литых камней является их меньшая прочность, чем трамбованных камней (увеличение водовяжущего фактора и отсутствие уплотнения), и потребность в большем количестве форм (выдерживание в формах около двух суток). Поэтому изготовление литых камней целесообразно лишь в тех случаях, когда камни по конструктивным соображениям могут обладать малой прочностью.

4. Выдерживание камней на стелжах. Следующей операцией

должен быть выдерживание камней на сушильных стелажках в течение 5—6 дней в помещениях, закрытых от действия ветра, холода и солнца. В летнее время свежесготовленные цементные камни остаются на подкладках в течение 2 дней, после чего их возможно опрокинуть на бок и легким ударом отбить подкладку. После этого камни выдерживаются в таком положении еще 3—4 дня. При лежании камня на боку он лучше и равномернее обвеивается воздухом. Бесцементные камни снимаются со стелажек и подкладок одновременно через 4—5 дней по их изготовлении. Укладка камней на стелажках должна быть по возможности более плотной (для уменьшения испарения) с оставлением минимального зазора, необходимого для того, чтобы камни не слипались.

Во все время хранения камней на стелажках их необходимо поливать водой, причем первая поливка может иметь место через 1—2 суток при изготовлении цементных камней и 3—4 суток при изготовлении камней на известково-пуццолановых цементах.

В небольших производствах поливка делается при помощи садовой лейки с сеткой на конце, в крупных производствах поливка производится из брандспойтов (с известного расстояния и непременно с разбрызгиванием, так как в противном случае возможно повреждение камня).

Поливка должна производиться с таким расчетом, чтобы камни не были сухими даже на поверхности. При наличии пустот в камнях нужно следить за достаточным увлажнением их внутренних поверхностей. Перерыв в поливке может вызвать полное просыхание камней хотя бы с поверхности, что повлечет за собою значительное падение прочности бетона. Наиболее важна поливка в первые дни по изготовлении; однако, прочность камней значительно повышается, если поливка продолжается и в последующее время. Общий срок поливки как на стелажках, так и в штабелях должен составлять не менее двух недель при цементных камнях и все время выдерживания — при камнях на известково-пуццолановых цементах.

В сухую и жаркую погоду камни необходимо поливать в первые дни не менее пяти раз в день; в дождливую — можно ограничиться тремя поливками. В последующие дни количество поливок может быть соответственно уменьшено до трех и двух раз. Помимо этого для защиты камней от быстрого высыхания и возможности появления усадочных трещин их следует закрывать рогожами, старыми мешками и т. п.

Следует заметить, что при более ранней, чем указано, поливке камней, вода может повредить их (может произойти вымывание несхватившегося раствора), а при слишком позднем начале поливки прочность камней понизится.

5. Выдерживание камней в штабелях. После 5—6-дневного выдерживания камней на стелажках камни приобретают известную прочность, так что их можно снимать со стелажек и перекладывать в штабели, располагаемые на открытом воздухе (в некоторых, довольно редких, случаях — в закрытых помещениях). Свежесготовленные камни следует укладывать в один ряд непосредственно на землю или на ранее заготовленные и достаточно окрепшие камни (7-дневная выдержка после стелажка). Общая высота штабеля не должна превышать 5—6 рядов и только в крайнем случае, при недостатке места, может быть доводима до 10 рядов. При этом во избежание излома камней при сосредоточенной нагрузке должны устраиваться прокладные ряды из досок в количестве не менее двух через каждые 3—4 ряда.

Укладка в штабели производится по возможности на ребро. При изготовлении камней на цементно-известковых растворах оставляются зазоры как между камнями, так и между штабелями (для облегчения процесса карбонизации). Цементные же камни или же камни, изготовленные на известково-диатомовом вяжущем веществе, следует укладывать возможно теснее, особенно в жаркое время. Поливка камней производится, как ука-

зано выше; во избежание быстрого высыхания камни должны защищаться от солнца и ветра рогожами, соломой или слоем песка и т. д., причем это покрытие следует содержать всегда во влажном состоянии.

Сроки выдержки в штабелях определяются ходом процесса твердения и просушки и изменяются в зависимости от погоды и условий просыхания. Для камней на цементных растворах минимальный срок выдержки составляет 21 день, а для камней на смешанных растворах и известково-пуццолановых цементах, при малой активности, — 42 дня.

Если формование и выдерживание камней пришлось на холодное и дождливое время года (сентябрь — октябрь), причем камни не защищались соответствующим утеплением от утренних заморозков¹, то нарастание прочности будет происходить чрезвычайно замедленным темпом, и камни на ощупь останутся мягкими.

Следует заметить, что производство непропаренных бесцементных камней может иметь место только в том случае, если гидравлическая добавка является достаточно активной и если при их изготовлении были соблюдены вышеперечисленные производственные факторы, обеспечившие достаточную плотность и высокую начальную прочность камня.

Изготовление камней путем пропаривания при атмосферном давлении
Опыты по пропариванию бетонных изделий были впервые поставлены в России проф. Д. И. Алексеевым в 1911 г.² Практического осуществления эти работы своевременно не получили. В 1929/30 г. соответствующие исследования были возобновлены уральским филиалом ГИС, и в настоящее время методы пропаривания цементных и бесцементных бетонных изделий изучаются легкобетонной группой ЦНИИПСа (автор совместно с инж. Н. А. Поповым). В результате поименованных работ возможно сделать вывод (полностью подтверждаемый аналогичными работами в Америке) о значительном приращении прочности в результате пропаривания по сравнению с прочностью бетона воздушного вызревания в те же сроки. Эффективность запарки при этом тем меньше, чем больше активность вяжущего.

Процесс повышения прочности в ряде случаев не заканчивается при окончании пропаривания, так как остающаяся влага благоприятствует дальнейшему процессу твердения.

Процесс производства пропаренных камней складывается из следующих основных моментов (фиг. 67 и 68):

- 1) подготовки заполнителей;
- 2) приготовления бетонной массы (то же, что и при воздушном вызревании);
- 3) формования камней (то же, что и при воздушном вызревании);
- 4) пропаривания.

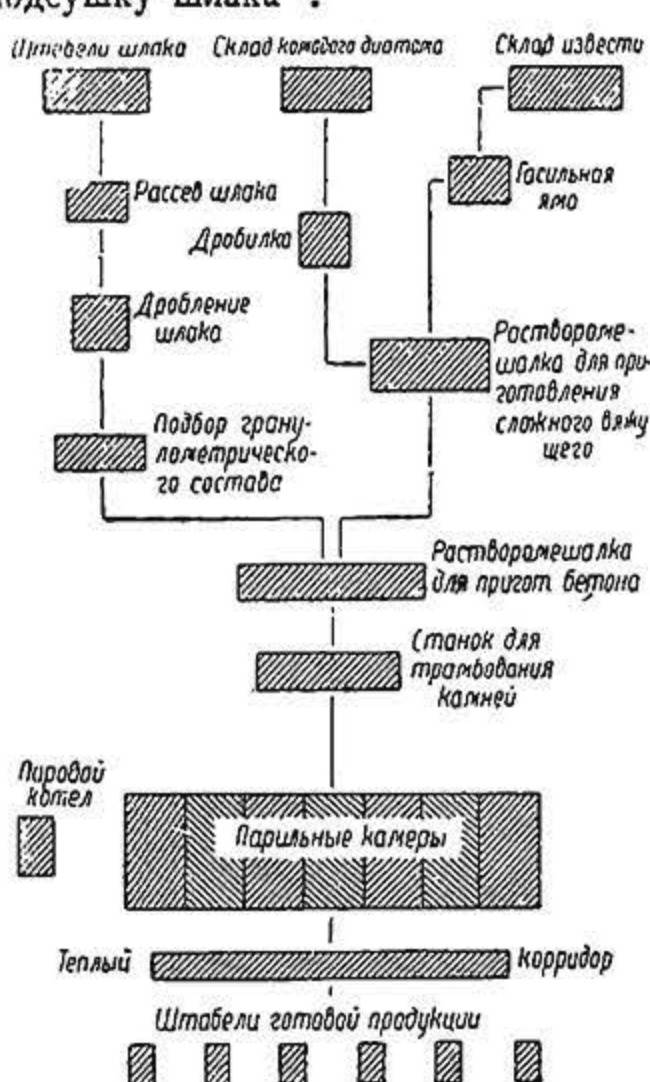
Причиной повышения прочности при пропаривании является ускорение процесса твердения вяжущего при повышенной температуре. Проведение же процесса ускоренного твердения в среде, насыщенной паром, вызывается недопустимостью обезвоживания бетона, что обусловило бы прекращение реакции гидролиза или коллоидации и вызвало бы, в результате этого, падение прочности. Относительная влажность воздуха внутри камеры должна быть не менее 80%, по возможности около 100%, поскольку это вообще достижимо.

Заполнители. Подготовка заполнителей при производстве пропаренных камней такова же, что и при изготовлении камней путем воздушного вызревания. Отличие наступает лишь при работе в осеннее и зимнее время, когда влажность шлака повышена. При этом может оказаться, что воды, содержащейся в заполнителе и сложном вяжущем,

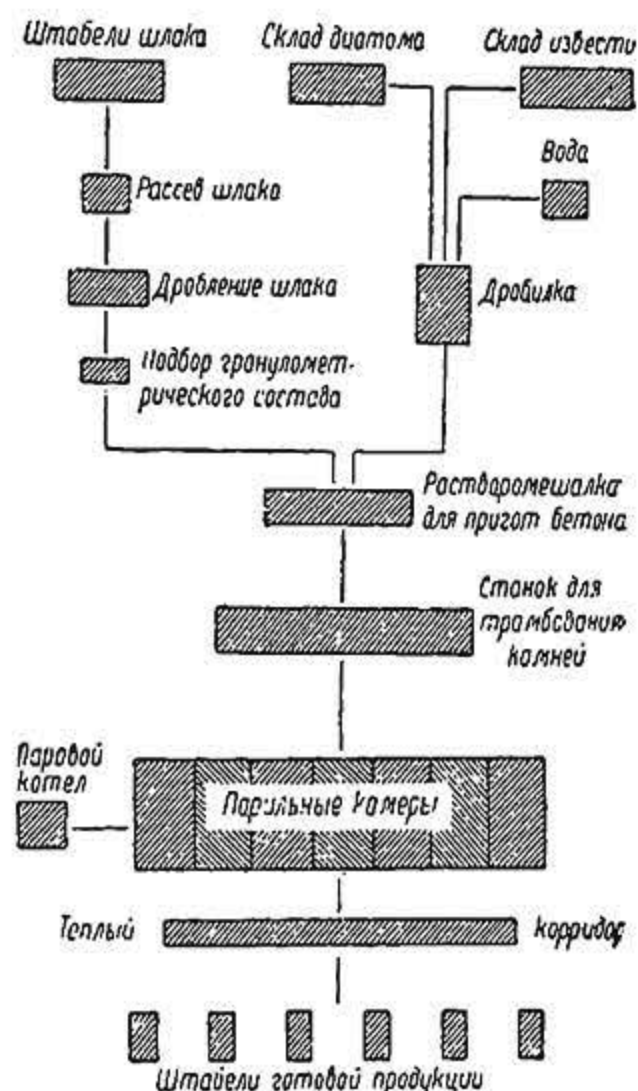
¹ Если камни ранее месяца по их изготовлении подвергнутся действию утренних заморозков (меньше +5°), то твердение очень замедлится, и камни будут неморозоустойчивыми.

² Проф. Д. И. Алексеев, Курс построек из бетонных камней, изд. 1911.

больше, нежели требуется при соблюдении оптимального водовязущего фактора. В этом случае неизбежно оплывание массы камня после трамбования, что обусловит необходимость подсушки заполнителя или же замены его иным, менее влажным материалом. При этом, чем больше влажность бетона или чем больше объемный вес заполнителя, тем суше должен быть заполнитель. В соответствии с работами ЦНИИПСа возможно установить, что при расходе вяжущего в 150 кг/м^3 заполнителя, влажность последнего на сухую навеску не должна превышать, при работе уплотнения в 10 кгм/л бетона и при влажности вяжущего в 90—100%, как это видно из графика 69, примерно 17%; при расходе вяжущего в 175 кг/м^3 заполнителя—15%. При работе уплотнения в 20 кгм/л бетона—соответственно 13 и 11%. В связи с этим необходимо предусматривать подсушку шлака¹.



Фиг. 67. Схема полумеханизированного производства при раздельном приготовлении бетона и вяжущего. Припарка при атмосферном давлении.



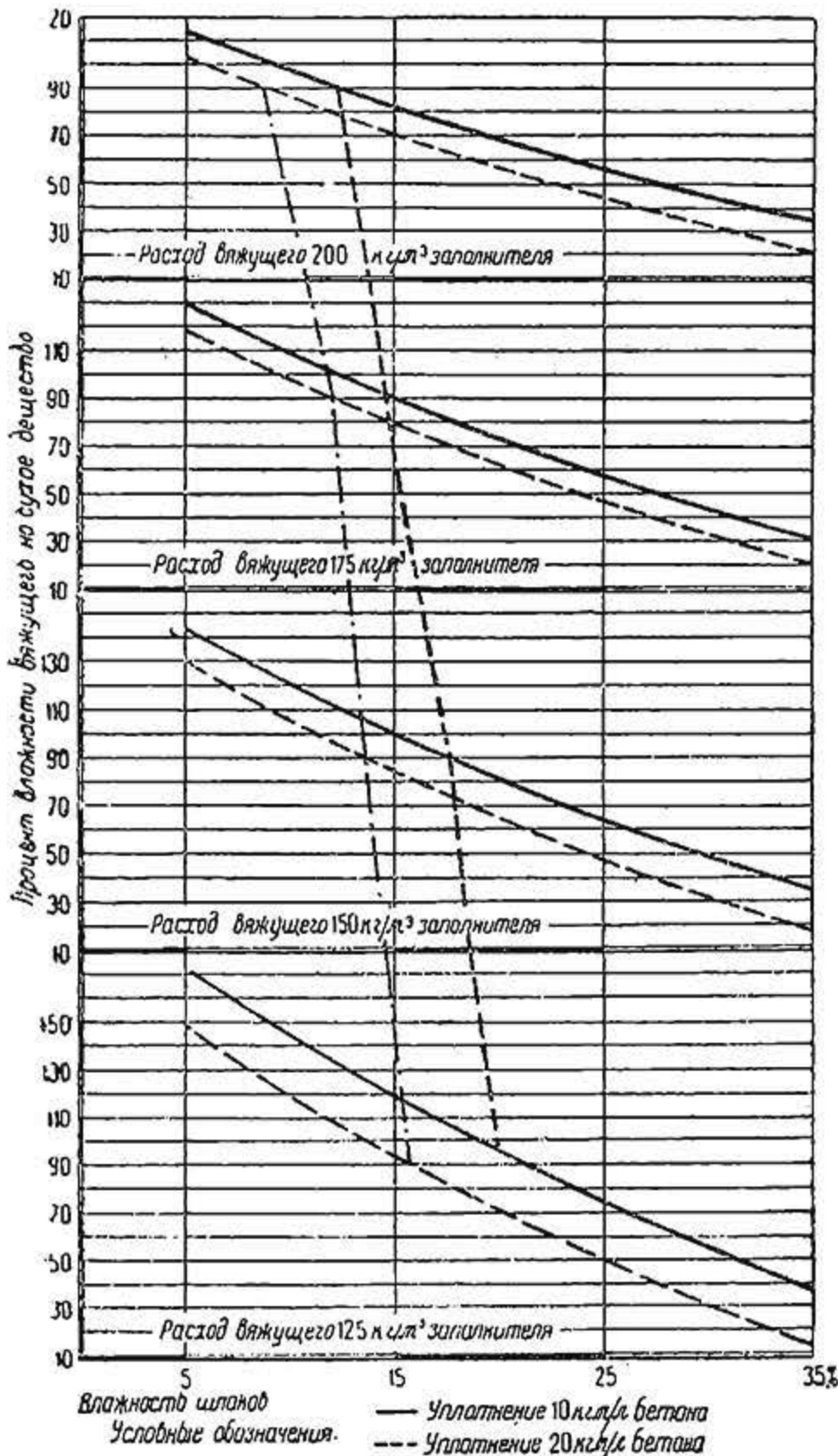
Фиг. 68. Схема полумеханизированного производства шлакобетонных камней при совместном мокром помоле извести и диатомита.

Наилучшим способом подсушки шлака является его подогрев глухим паром. Шлак рассыпается слоем небольшой толщины (30—50 см) по паропроводам; подсушка длится 4—6 часов. Огневая сушка шлака требует значительной затраты топлива и не дает положительных результатов.

Режим пропаривания. Чтобы пропаривание дало наилучшие результаты, необходимо соблюсти следующие условия: а) правильно уловить тот момент, когда по состоянию бетона возможно начинать пропаривание; б) затем установить правильный порядок впуска пара; в) найти оптимальную длительность пропаривания и температуру; г) установить момент возможного выноса пропаренных камней на открытый воздух. Режим пропаривания зависит от вида вяжущего и заполнителя и от дозировки бетона и может поэтому в отдельных случаях довольно сильно изменяться.

¹ Применение мерзлых шлаков является совершенно недопустимым, как вызывающее массовый брак продукции.

Выдерживание до пропаривания. Работами ЦНИИПСа (автор, совместно с Н. А. Поповым) установлено, что раннее начало пропаривания жирных бетонов (200—250 кг вяжущего/м³ заполнителя) приводит к снижению их прочности, примерно на 20%.



Фиг. 69. Зависимость предельной влажности сложного вяжущего от влажности шлака.

применение дозировок, жирнее 150—175 кг/м³ заполнителя, почти не имеет места.

Порядок впуска пара. Большое значение имеет также постепенность впуска пара и постепенность повышения температуры в камере. При быстром разогревании камней имеет место значительное снижение прочности. Падение прочности объясняется растрескиванием камней, происходящим вследствие различной скорости испарения воды из различных частей камня. В то время, как на поверхности камня уже успевает образоваться затвердевшая корочка, внутри камня процесс испарения продолжается, и пары воды, выходящие из камня,

Таким образом в случае необходимости достичь заданной прочности при применении жирных бетонов, предварительное выдерживание камней является необходимым. Следует заметить, что выдерживание камней на воздухе в течение нескольких дней и притом для всех бетонов, вне зависимости от их жирности (предложение лаборатории „Росстройматериалов“), нельзя признать целесообразным, так как оно обуславливает весьма значительное увеличение потребности в производственных помещениях и оборотных средствах. Более рационально заменить выдерживание камней на воздухе искусственной подсушкой камней в камере, путем прогрева паром в глухих трубах (раздельная система отопления и пропарки). Но потребность в такой конструкции камер будет относительно редкой, так как

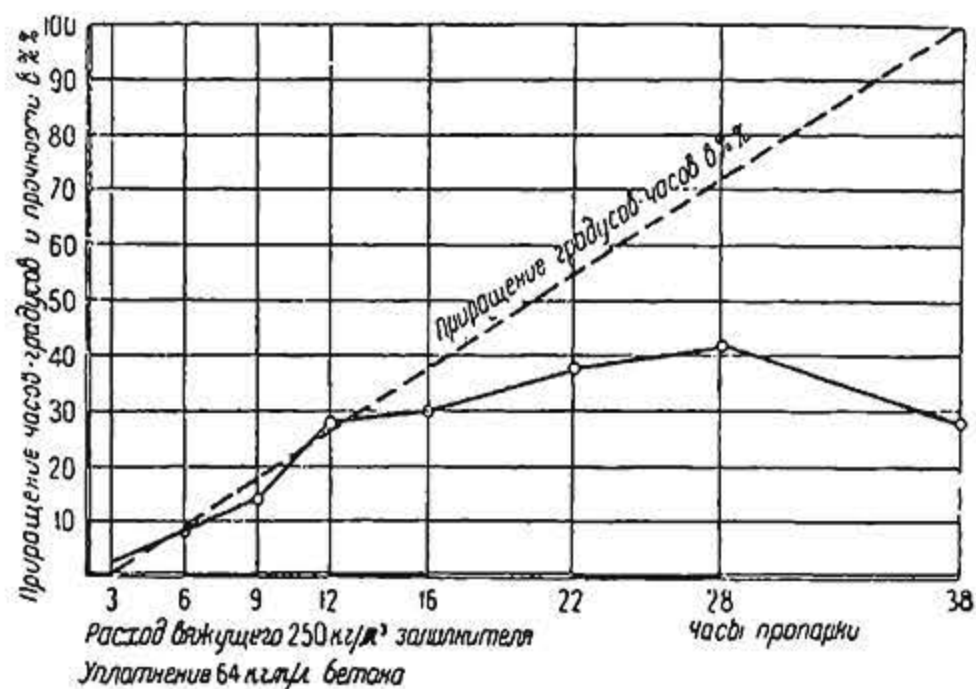
рассыхаются новообразованная корочка. При тощих бетонах ($125—150 \text{ кг/м}^3$ заполнителя) это явление не имеет места, так как они более пористы, чем жирные бетоны, и процесс их обезвоживания совершается относительно равномерно по всей толще камня.

Скорость подъема пара должна быть тем меньше, чем больше теплопроводность массы и чем больше размеры камней. Для камней стандартного размера обычно применяемой жирности подъем пара должен производиться из расчета $10—15^\circ$ в час. Чем жирнее бетон, тем больше должен идти подъем температуры.

После предварительной подсушки опасность растрескивания значительно снижается.

Длительность пропаривания. Размер оптимального срока пропаривания бетона зависит от вида вяжущего, размера камня и температуры пара. Чем вяжущее активнее, тем менее эффективно сказывается влияние запарки. Чем ниже температура камня и чем больше размеры камня, тем большее должно быть время запаривания. Как видно из графика 70, увеличение

времени пропаривания (количества градусов-часов, т. е. произведения из количества часов на соответствующую температуру) влечет за собой повышение прочности изделий, но до известного предела, за которым следует стабилизация прочности, независимо от уплотнения и жирности, а в некоторых случаях и падение прочности. Из рассмотренного графика 71 воз-



Фиг. 70. Зависимость между приращением прочности бетонных изделий и приращением количества градусов-часов.

можно сделать вывод, что увеличение количества градусов-часов запарки, при температуре в $90—100^\circ$, свыше $1800—2000$ не влечет за собой повышения прочности (что соответствует $14—16$ часам собственно запарки). Согласно нашим последним работам лучшие результаты получаются при пропарке в течение примерно 24 часов при температуре около 60° , как для вишечково-диатомового вяжущего, так и для портланд-цемента и глинистого цемента.

Спуск пара. По окончании процесса запарки происходит спуск пара (2 часа) и разгрузка камеры. Вынос свежих пропаренных камней на воздух в зимнее время не может быть рекомендован, так как это сопровождается со значительным падением прочности. Поэтому зимой камни выдерживаются в теплом коридоре около суток, после чего складываются штабелями на открытом воздухе.

Общая длительность процесса. Из изложенного видно, что общий срок нахождения камней в парильной камере составляет, учитывая время на подъем температуры, спуск пара и выгрузку, примерно 36 часов.

Расход пара на изготовление 1 м^3 камней составляет около $150—175 \text{ кг}$.

Конструкции парильных камер. Поскольку запарка камней ведется при атмосферном давлении, то для осуществления процесса могут быть использованы деревянные, бетонные (набивные или из отдельных камней) или каменные камеры (фиг. 72).

НТБ
ДНУЖТ

При использовании деревянных камер последние должны изнутри обшиваться кровельным железом, штукатуриться по драни или смолиться. Деревянным камерам свойственны следующие дефекты:

а) при обивке кровельным железом последнее ржавеет и на нем конденсируется влага, которая стекает вниз на камни и портит их;

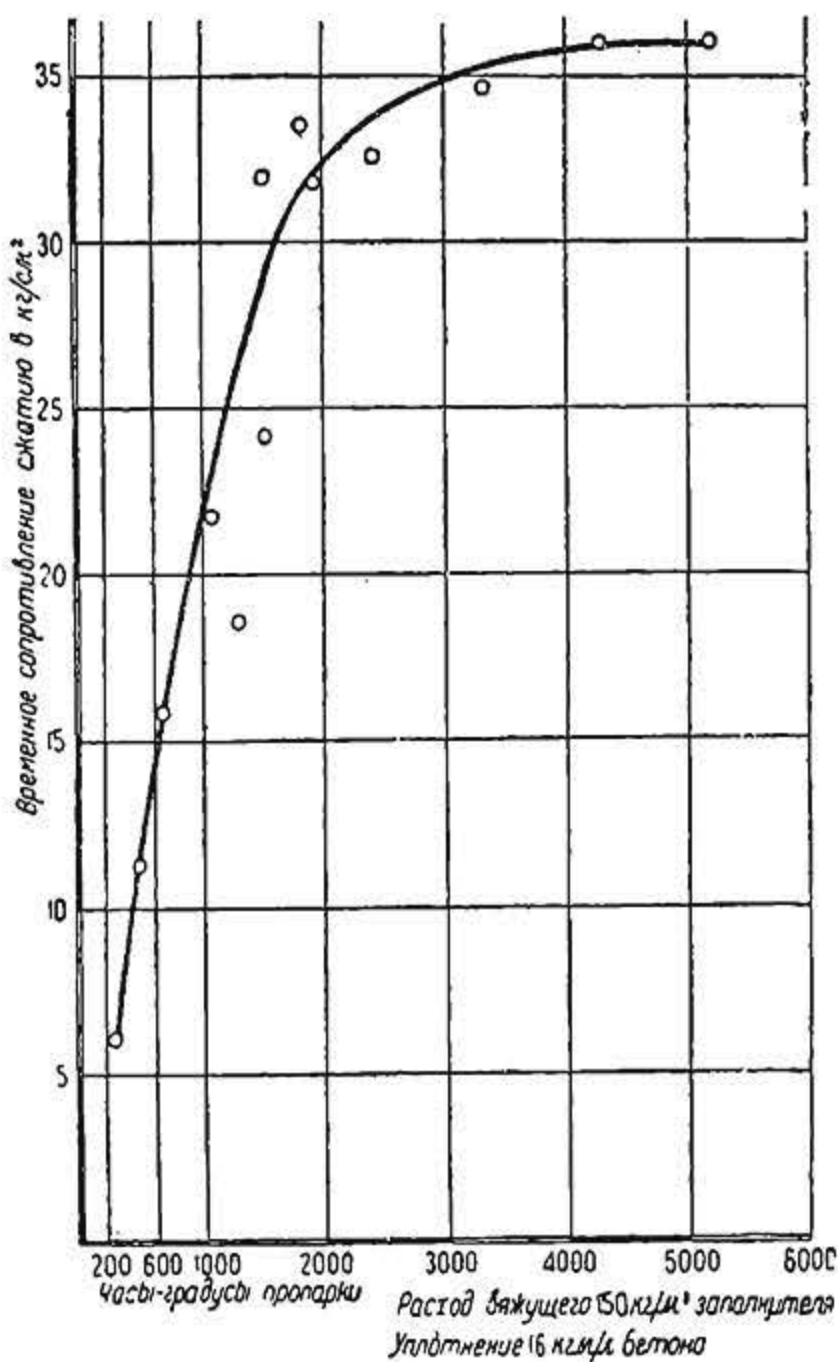
б) если же внутренние поверхности оштукатурены, то вследствие усыхания и разбухания драни штукатурка растрескивается, и стены начинают пропускать пар. Поэтому наиболее целесообразно при постройке деревянных камер смолить их изнутри. При постройке камер из легкобетонных камней возможно зимой их разрушение вследствие постоянного насыщения стен камеры влагой, поступающей из камней и ее замерзания. Поэтому

для кладки стен парильных камер необходимо применять цементные камни, как более морозостойкие.

Фундаменты под наружные и внутренние стены камер возможно устраивать из тщательно протрамбованного строительного мусора и песка.

Желательно устройство дверей с двухсторонней досчатой обшивкой, с засыпкой полости опилками или сфагнумом. Верх камеры, равно как и все паропроводы, должны быть изолированы от теплоотдачи. Что касается устройства системы пропаривания, то, возможно или устройство отдельных систем отопления и впуска живого пара или же лишь наличие впуска живого пара.

На подавляющем большинстве заводов СССР парильные камеры не имеют устройств для отопления камер (подсушка пропариваемого материала), и прогрев камней ведется живым паром. Паропровод, обращенный отверстиями вниз, укладывается по полу вдоль камеры, в некоторых



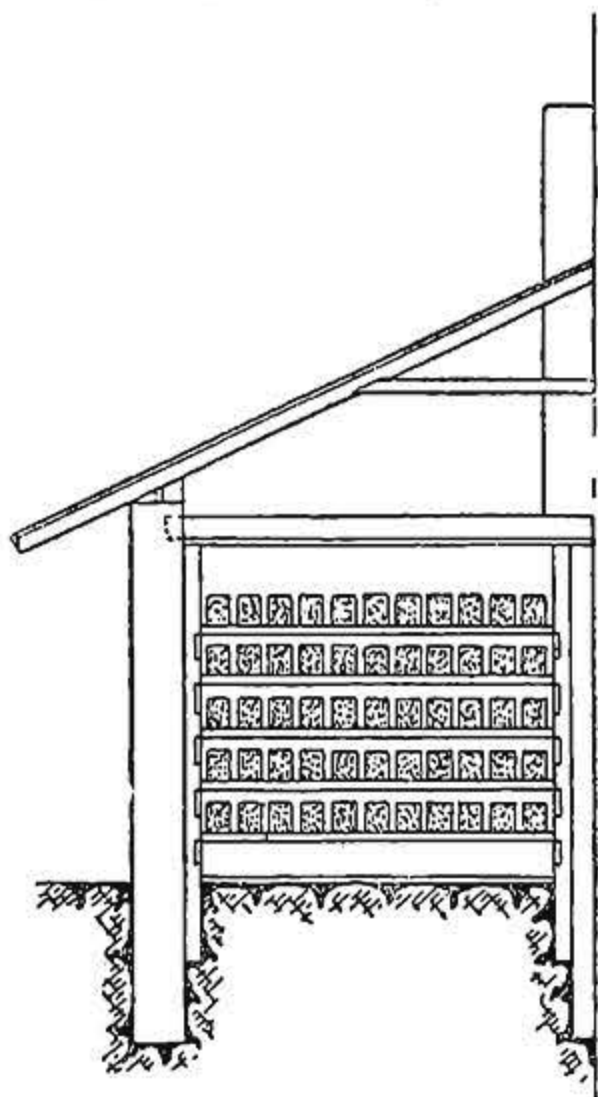
Фиг. 71. Зависимость прочности бетонных изделий от часов-градусов пропарки.

случаях в лотке, наполненном водой (желательно). В последнем случае по поверхности пола камеры делается ряд сточных желобков с уклоном в сторону лотка для слива воды, получающейся при конденсации пара. Сам лоток должен иметь уклон по направлению к порогу двери. В теле порога имеется на уровне пола щель, закрытая решеткой. За щелью располагается приемная камера, сообщающаяся с трубой, отводящей излишек конденсата.

Внутренние размеры камер определяются, с одной стороны, удобством их загрузки и выгрузки, а с другой — созданием условий для наименьшего расхода пара. Длина камер колеблется в весьма широких пределах: от 4 до 30 м, — наиболее распространены 5 — 6-м камеры; ширина от 1,1 до 2,6 м.

НТБ
ДНУЖТ

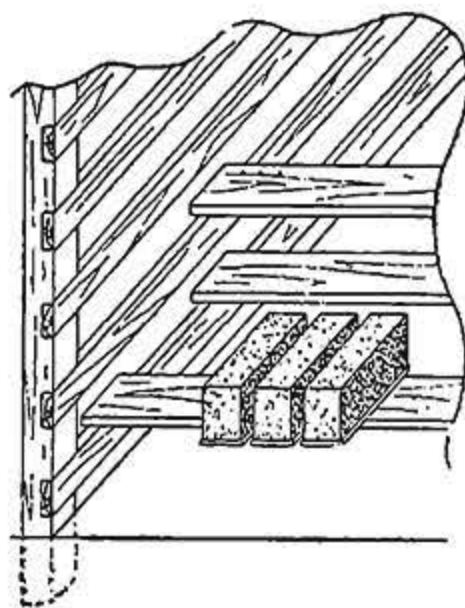
слишком широкие камеры обуславливают значительное увеличение расхода пара. Высота камер при ручной загрузке составляет от 1,8 до 2,0 м, а при загрузке вагонетками равняется высоте нагруженной вагонетки плюс 20 см. При увеличении высоты камер слишком возрастает разность температур на различных уровнях, что связано с получением камней неодинаковой прочности. Пол в камерах желателен бетонный с уклоном и отводом воды, получающейся при конденсации пара.



Фиг. 72. Разрез пропарочной камеры.

Камни располагаются в камере на стелжах (фиг. 73) или же при наличии вагонеток — на вагонетках (желательно применение келлеровских вагонеток или им подобных).

В среднем по высоте камеры



Фиг. 73. Укладка сплошных камней на стелже парильной камеры.

располагается пять рядов стелжей. На каждую полку при ширине камеры в 2,6 м укладывается по одиннадцать камней стандартного размера. На погонный метр длины камеры приходится примерно 2,4 ряда, считая зазор между камнями в 4 см. Помимо этого, при исчислении длины камеры необходимо прибавить незаполняемые пространства в передней части камеры, по 50 см. Таким образом, в камеру длиной 4,75—5 м и шириной 2,6 м, возможно загрузить 480 камней стандартного размера.

Легкобетонные камни с минеральными заполнителями.

Шлакобетонные камни

Шлакобетонные камни могут изготавливаться на различных видах портланд-цемента и на известково-пуццолановых цементах.

Цементно-шлаковые камни.

Цементно-шлаковые камни могут изготавливаться как путем пропаривания, так и путем воздушного вызревания. В качестве заполнителей возможно применение котельных и гранулированных доменных шлаков.

Свойства. Механические свойства. Прочность цементно-шлаковых камней зависит от ранее изложенных факторов. Возможно считать, что прочность камней в производственных условиях составляет: при расходе вяжущего в 125 кг/м^3 заполнителя (объемная дозировка 1:10) —

20—30 кг/см², при расходе вяжущего в 175 кг/м³ — 40—60 кг/см² и при расходе вяжущего в 225 кг/м³ — 50—80 кг/см².

Дозировка бетона. Расход вяжущего на 1 м³ заполнителя колеблется от 125 до 200 кг/м³ заполнителя.

Изготовление камней на цементно-известковом вяжущем основано на тех же положениях, что и изготовление смешанных растворов.

Добавление извести к жирным бетонам вызывает резкое падение прочности бетона. При тощих дозировках, что обычно имеет место при изготовлении трамбованных изделий, добавление извести оказывает благоприятное влияние, повышая подвижность бетонной массы. Возможно рекомендовать следующую дозировку вяжущего, проверенную работами ЦНИИПСа: 75% цемента и 25% извести—пушонки (по весу).

Размер водной добавки на 1 м³ заполнителя при изготовлении цементно-шлаковых камней примерно одинаков, вне зависимости от работы уплотнения, жирности бетона и пористости шлака. Ниже приводится практическая таблица.

Таблица 41

Зависимость количества вводимой воды от работы уплотнения и расхода вяжущего

| Расход цемента на 1 м ³ заполнителя (γ заполнителя 800—850 кг/м ³) | Работа уплотнения в кгм на л готового бетона | Размер оптимальной водной добавки в л на 1 м ³ заполнителя | Величина оптимального водовяжущего фактора |
|---|--|---|--|
| 125 | 10 | 220 | 1,75 |
| | 20 | 195 | 1,55 |
| 150 | 10 | 220 | 1,47 |
| | 20 | 195 | 1,30 |
| 175 | 10 | 220 | 1,25 |
| | 20 | 195 | 1,10 |
| 200 | 10 | 220 | 1,10 |
| | 20 | 200 | 1,10 |

Таким образом, при уплотнении в 10 кгм/л водная добавка составляет около 220 л/м³ заполнителя и при уплотнении в 20 кгм/л бетона около 200 л.

При цементно-известковых камнях водовяжущий фактор повышается на 0,10 с соответственным увеличением водной добавки. Расход материалов на 1 м³ различен в зависимости от жирности бетона. Так, при жирных бетонах, расход вяжущего составляет 175—200 кг и шлака около 1,35 м³; при тощих 125—135 кг вяжущего и около 1,4 м³ шлака. Вообще расход

цемента на м³ бетона, при выходе в 65% составляет $\frac{1300}{S \cdot 0,65}$, где 1300 кг/м³—объемный вес цемента, а S—сумма объемных частей состава.

Экономика шлакобетонных камней. В последующем приводится подробный экономический анализ выгод и преимуществ, получаемых в результате применения бесцементных шлакобетонных камней. В данном же месте изложения, учитывая значительное сокращение производства камней на основе цемента, ограничимся указанием некоторых данных разработанных О. А. Вутке и опубликованных в „Сообщении“ № 13 Института сооружений.

Стоимость строительной единицы из пустотелых камней составляет около 46% стоимости кирпичной кладки, толщиной в 2½ кирпича и из сплошных камней — около 50% кладки.

Вес стены по сравнению с кладкой в 2½ кирпича сокращается на 70% при применении пустотелых шлакобетонных камней и на 62—63% при применении сплошных камней.

Расход вяжущих материалов по сравнению с кирпичной кладкой в 2½ кирпича увеличивается на 13% при стене из пустотелых камней и на 10% при стене из сплошных камней.

Расход топлива на строительную единицу уменьшается по сравнению с кирпичной стеной толщиной в 2½ кирпича на 91% при изготовлении пустотелых камней и на 86% при сплошных камнях.

Расход рабсилы при кладке из пустотелых камней уменьшается по сравнению с кирпичной стеной всего лишь на 4%, что объясняется значительным усложнением работы каменщиков и конструкции стены. При употреблении сплошных камней экономия в рабсиле значительно повышается и доходит до 43%.

НТБ
ДНУЖТ

Известково-диатомово-шлаковые камни

Известково-диатомово-шлаковые камни могут изготавливаться как сплошными, так и пустотелыми, и притом как путем пропаривания, так и путем воздушного вызревания. Ввиду относительно малой механической прочности бесцементных камней их следует изготавливать преимущественно сплошными.

Внешний вид. Цвет пропаренного камня должен быть светлосерый. Темный цвет указывает на малое содержание извести или неудовлетворительную пропарку. Форма камней должна быть правильной, и на поверхности не должно быть ноздреватости (плохое трамбование), трещиноватости, раковин, вдавлинов, прогиба боковых стенок и крупных включений диатома и извести.

Свойства. Механические свойства. Прочность известково-диатомово-шлаковых камней колеблется в пределах от 10 до 45 кг/см². Можно считать, что при расходе вяжущего в 125 кг/м³ заполнителя и при работе на оптимальных значениях водной добавки прочность пропаренных камней составляет 12—15 кг/см², при расходе вяжущего в 175 кг/м³—20—30 кг/см² и при расходе вяжущего в 225 кг/м³—30—40 кг/см². Прочность пропаренных камней при испытании их вскоре после пропарки (4—7 дней) в случае применения мало- и среднеактивных диатомов превышает прочность непропаренных камней через 28 дней по их изготовлению. Это не распространяется на высокоактивные диатомы, где 28-дневная прочность непропаренных камней несколько превышает прочность пропаренных камней.

Прочность известково-диатомово-шлаковых камней может понижаться с течением времени в весьма значительных размерах. Объясняется это теми причинами, что и падение прочности известково-диатомовых растворов, и именно: вследствие постоянной потери влаги, задерживается образование известково-диатомовых соединений и происходит распад соединений, образовавшихся при неблагоприятных условиях, т. е. когда в растворах уже не хватало воды, нужной для прохождения реакции. Распад сопровождается карбонизацией окиси кальция, причем диатом становится инертным материалом, не могущим вступить в химическое соединение с известью, вследствие чего является отощение раствора и снижение его прочности. Помимо этого диатом разбухает и нарушает прочность кристаллического каркаса углекислого кальция и успевших образоваться известково-диатомовых соединений. Падение прочности тем меньше, чем тщательнее изготовлены камни, чем в более короткий срок прошло отверждение бетона и чем активнее диатом. Таким образом, падение прочности более сильно у камней, приготовленных путем воздушного вызревания, нежели у пропариваемых камней. Но тем не менее автор наблюдал и у пропаренных камней, лежавших на открытом воздухе в течение одного-двух месяцев, явление полного обрушения пересохших граней и верхних поверхностей при не особенно сильном нажиме рукой (камни приготавливались на хотьковском трепеле). После очистки камня от пересушенной массы бетона процесс разрушения камня продолжается. Это обстоятельство предвещает специальный порядок хранения камней (систематическое увлажнение) и обязательную оштукатурку кладки (хотя в кладке явление быстрой высушки камня не наблюдается даже при отсутствии штукатурки, что объясняется тем, что действию воздуха подвержена лишь одна боковая поверхность).

Понижение прочности камней особенно сильно в случаях недоброкачественного изготовления бетона, а именно: при неудовлетворительном смещении сложного вяжущего и наличии в нем незагасившихся частиц извести (совместный помол) или скоплений диатома при недостаточно выдержанных шлаках, при неудовлетворительном смещении бетона, при

нарушении оптимального водовяжущего фактора, при неудовлетворительном трамбовании и при нарушении ранее описанного режима пропарки.

Морозостойкость. Известково-диатомово-шлаковые камни не обладают, как уже указывалось выше, достаточной морозостойкостью. Основной причиной этого является недостаточная морозостойкость известково-диатомового вяжущего, что особенно сильно проявляется при неудовлетворительном приготовлении вяжущего и при малой активности диатома. Особенно плохо выдерживают действие мороза камни с нарушенным оптимальным известково-гидравлическим фактором (избытком извести или с избытком диатома). Осмотр штабелей и построек из известково-диатомово-шлаковых камней показывает, что наиболее сильно разрушаются верхние ряды штабелей и камни, подвергающиеся действию мороза в увлажненном состоянии, т. е. нижние ряды штабелей и цокольные камни (всасывание воды снизу). Это предreshает установление специального порядка хранения и применения камней.

Неудовлетворительная морозостойкость проявляется в осыпании граней принимающих овальную форму и в отслаивании бетона. Необходимо заметить, что разрушению от мороза подвергаются верхние слои камня, в то время как основное ядро камня может, в зависимости от тщательности приготовления продукции, обладать значительной прочностью.

Вредное влияние мороза сказывается особенно сильно в тех случаях, когда пропаренный камень покрыт сеткой волосяных трещин.

Дозировка бетона. Общие указания о проектировании состава бетона приведены выше.

Расход вяжущего на 1 м^3 заполнителя колеблется в пределах 125—225 $\text{кг}/\text{м}^3$ заполнителя. Наиболее распространены дозировки 150—175 $\text{кг}/\text{м}^3$ (бетоны средней жирности).

Размер водной добавки на 1 м^3 заполнителя при изготовлении известково-диатомово-шлаковых камней различен, в зависимости от работы уплотнения, жирности бетона, пористости шлака и известково-гидравлического фактора, но колеблется в относительно небольших пределах. Ниже приводится практическая таблица.

Таблица 42
Зависимость количества воды от работы уплотнения и расхода вяжущего

| Расход вяжущего на 1 м^3 заполнителя (γ заполнителя — 800 — 850 $\text{кг}/\text{м}^3$) | Известково-гидравлический фактор | Работа уплотнения в $\text{кг}\cdot\text{м}$ на 1 л готового бетона | Размер водной добавки в л на 1 м^3 заполнителя | Величина оптимального водовяжущего фактора |
|--|----------------------------------|---|---|--|
| 125 | 1:2 | 10 | 250 | 2,0 |
| " | " | 20 | 225 | 1,8 |
| 150 | " | 10 | 255 | 1,7 |
| " | " | 20 | 230 | 1,55 |
| 175 | " | 10 | 260 | 1,5 |
| " | " | 20 | 235 | 1,35 |
| 200 | " | 10 | 270 | 1,35 |
| " | " | 20 | 250 | 1,25 |
| 250 | " | 10 | 300 | 1,20 |
| " | " | 20 | 285 | 1,15 |

При подборе состава сложного вяжущего возможно считать, что при объемном весе молотого диатома в 600—700 $\text{кг}/\text{м}^3$, в объеме диатомового теста содержится 1,0—1,2 объема молотого диатома; при объемном весе 500 $\text{кг}/\text{м}^3$ — 1,4 объема и при объемном весе 400 $\text{кг}/\text{м}^3$ — 1,7 объема.

НТБ
ДНУЖТ

Инж. Степановым предложены следующие формулы¹ для пересчета с весовых дозировок на объемные бетона состава $A : B : C$:

$$A = 1; \quad (1)$$

$$B = \frac{100}{100 - K} \cdot \frac{m \cdot i}{d}; \quad (2)$$

$$C = \frac{1000 \cdot e \cdot i}{f} - \frac{K \cdot m \cdot i}{(100 - K) \cdot d}, \quad (3)$$

где A — объем известкового теста, B — объем диатомового теста, C — объем заполнителя, m — знаменатель весового отношения извести и диатомов при числителе — 1 (например 2 при дозировке 1 : 2), i — содержание воздушно-сухой извести-пушонки в килограммах в 1 л известкового теста (обычно $i = 0,7 - 0,8$ кг/л при объемном весе извести-пушонки в 500 кг/м³), d — содержание воздушно-сухого молотого диатомов в килограммах в 1 л диатомового теста (обычно $= 0,7 - 0,9$ кг/л), K — процент недомол диатомов свыше $0,15$ мм, e — сумма числителя и знаменателя весового отношения извести и диатомов при числителе, равном 1 (например 3 при дозировке 1 : 2), f — весовая дозировка сухого сложного вяжущего вещества (извести-пушонки и молотый диатом), выраженная в килограммах на 1 м³ заполнителя ($150 - 250$ кг/м³).

Поскольку работами ЦНИИПСа установлено, что содержание пушонки в известковом тесте и молотого диатомов в диатомовом тесте примерно одно и то же, то формулы (2) и (3) могут быть упрощены, а именно:

$$B = \frac{100 \cdot m}{100 - K} \quad (4)$$

$$C = \frac{1000 \cdot e \cdot i}{f} - \frac{K \cdot m}{100 - K} \quad (5)$$

Пример. Даны: 1) весовая дозировка вяжущего — 200 кг на 1 м³ заполнителя; 2) отношение извести к диатому 1 : 1,5; 3) содержание извести-пушонки в известковом тесте $0,7$ кг/л; 4) содержание молотого диатомов в диатомовом тесте — $0,7$ кг/л; 5) недомол диатомов 20%.

Требуется определить объемную дозировку бетона (раствора).
В этом случае:

$$A = 1; m = 1,5; i = 0,7; d = 0,7; K = 20; e = 2,5; f = 200.$$

Тогда:

$$B = \frac{100}{100 - K} \cdot m = \frac{100}{100 - 20} \cdot 1,5 = \frac{100 \cdot 1,5}{80 \cdot 10} = 1,87 \text{ объема,}$$

и

$$C = \frac{1000 \cdot e \cdot i}{f} - \frac{K \cdot m}{(100 - K)} = \frac{1000 \cdot 2,5 \cdot 0,7}{200} - \frac{20 \cdot 1,5}{(100 - 20)} = \\ = \frac{1000 \cdot 2,5 \cdot 7}{20 \cdot 10 \cdot 10} - \frac{20 \cdot 15}{80 \cdot 10} = 8,37 \text{ объема.}$$

Итого, получим дозировку 1 : 1,9 : 8,4.

¹ «Строительный бюллетень» № 48, Инструкция ВОРС от 25/III 1931 г.

² В формулах определения i и d указаны в разделе «Известково-диатомовые растворы».

Расход материалов. Расход материалов на 1 м³ камней различен в зависимости от жирности бетона. Так, при жирных бетонах расход вяжущего составляет 225—300 кг и шлака около 1,2 м³; при тощих бетонах 150—200 кг вяжущего и около 1,3 м³ шлака. Ниже показан примерный подсчет расхода материалов на 1 м³ бесцементных сплошных камней при дозировке 1:2:9 методом, принятым трестом „Теплобетон“¹. При этом принимается, что выход бетона составляет 60%, т. е. 7,2 м³, и что гранулометрический состав шлака соответствует ранее приведенным указаниям, а именно: предельная крупность 40 мм и содержание зерен от 0,15 до 5 мм равняется 35% по объему смеси. Учитывая, что выход смеси из рассеянных фракций заполнителя составляет около 85%, имеем дозировку при рассеянных фракциях 1:2:11, а в пересчете на заданную гранулометрию 1:2:4,0:7,0 (известковое тесто, диатомовое тесто, шлаковая мелочь и крупный шлак). Отсюда имеем следующий расход отдельных составляющих на 1 м³ камней:

известкового теста $\frac{1000}{7,2} = 139$ л или $139 \cdot 0,7 = 97$ кг пушонки;

$\frac{97}{1,32} = 74$ кг кипелки² без учета загрязнения и

$74 + 74 \cdot 20\% = 89$ кг кипелки с учетом загрязнения,

диатомового теста $\frac{2000}{7,2} = 278$ л, или $278 \cdot 0,8^3 = 222$ кг молотого диатома,

шлаковой мелочи $\frac{4000}{7,2} = 555$ л,

крупного шлака $\frac{7000}{7,2} = 972$ л.

Воды потребуется примерно 35% от объема смеси заполнителей, т. е.

$9000 \cdot 35\% = 3150$ л, а на 1 м³ бетона $\frac{3150}{7,2} \cong 437$ л.

Но в это количество входит влага, имеющаяся в диатоме (30% по весу) и в шлаке (10% по объему смеси). Таким образом потребно добавить воды:

$437 - 222 \cdot 30\% - \frac{9000}{7,2} \cdot 10\% = 437 - 64 - 125 = 248$ л.

С учетом недомола диатома и недостаточно точного рассева шлака расход материала составит:

| | |
|---|------------------|
| известки-кипелки | . 89 кг |
| диатома комового | . . 295 „ |
| (в том числе: диатома молотого 210 кг, недомола 10%—21 кг и воды 30%—64 кг); | |
| шлаковой мелочи | 475 л |
| (по расчету 555 л, но учитывается недомол диатома—30 л и наличие мелочи в крупном шлаке—5%—50 л); | |
| крупного шлака | 1022 л |
| (по расчету 972 л, но учитывается наличие мелочи—5%—50 л); | |

¹ Н. А. Попов, Проектирование стен из легких бетонов.

² Выход пушонки составляет 132% из веса от взятой кипелки.

³ Принимается в данном случае содержание пушонки в 1 м³ теста 700 кг и молотого диатома 800 кг.

воды для приготовления бетона 248 л
 (по расчету 437 л, но вычитается вода в диатоме — 64 л и в
 шлаке — 125 л);
 воды для гашения извести в пушонку . 66 л
 $89 \times 75\%$

Объемный вес бетона данной дозировки в пересчете на сухой уплотненный бетон равняется:

| | |
|---|-------------------------|
| вес 1 м ³ пушонки + 25% связанной воды | . . 425 · 1,25 = 530 кг |
| 2 м ³ мол. трепела + 25% „ | 500 · 1,25 · 2 = 1250 „ |
| 4,0 м ³ шлаковой мелочи × 700 кг | . 2800 |
| 7,0 м ³ крупного шлака × 600 кг . | . 4200 „ |
| | Всего . . 8780 кг |

а на 1 м³ бетона $\frac{2780}{7,2} \cong 1220$ кг.

Объемный вес влажного бетона через 2—3 года службы, принимая влажность в 12—15%, соответственно равен 1400 кг/м³.

Хранение. Известково-диатомово-шлаковые камни при хранении их на заводских и построечных складах должны быть защищены от вредного влияния солнечного жара и ветра и от разрушительного действия мороза. При хранении как в зимнее, так и в летнее время необходимо защищать камни от проникновения влаги снизу, укладывая их на подкладыши, и сверху (укрытие досками или штабелирование под навесами). Летом помимо этого нельзя допускать пересыхания камней, что обуславливает сильное осыпание поверхностей, и их необходимо увлажнять. Возможно рекомендовать систематическую поливку камней из брандспойта, через сетчатый разбрызгиватель. Поливка может начинаться не-

Таблица 42
Вес м² стены без каркаса

| Наименование материала | Объемный вес материала кг/м ³ | Расход материала на м ² стены без боя | Толщина стены (без штукатурки) при односторонней теплозащите во 2-м климатическом поясе в см | Вид раствора | Наличие наружной штукатурки | Вес (без каркаса) | | | |
|---|--|--|--|--------------|-----------------------------|-------------------|----------|------------|-------|
| | | | | | | материала | раствора | штукатурки | Всего |
| Кирпич обыкновенный . | 1 800 | 243 шт. | 64 | холодный | нет | 869 | 322 | — | 1191 |
| | 1 800 | 145 | 43 | легкий | есть | 522 | 212 | 21 | 755 |
| Фибролит при центральном отоплении | 300—450 | 0,14 м ³ | 14 | холодный | есть | 56 | 10 | 28 | 94 |
| Фибролит при лучном отоплении | 300—450 | 0,18 | 18 | | есть | 72 | 10 | 28 | 110 |
| Известково-диатомово-шлаковые камни . . | 1 300 | 0,345 . | 38 | легкий | есть | 460 | 72 | 21 | 553 |
| пикаторганки | 750 | 0,25 | 25 | | есть | 187 | 23 | 21 | 236 |

медленно после выноса камней из парильной камеры. Защита от дождей достигается укрытием штабелей толем. Высота штабелей не имеет значения, так как камень не разрушается от нагрузки вышележащих рядов.

Экономика бесцементных шлаковых камней. Аналогично ранее сказанному относительно легкого кирпича, проследим влияние применения легкобетонных камней на облегчение конструкций, сокращение потребности в рабсиле, сокращение потребностей в транспорте и т. д.

Облегчение конструкций и удешевление фундаментов. Возможность облегчения конструкций характеризуется весом 1 м^2 стены, приведенной в табл. 42. Изменение нагрузок соответственно отразится на конструкции фундаментов и глубине их залегания.

Сокращение потребности в строительной рабсиле. Ниже приводим данные о расходе рабсилы на 1 м^2 стены.

Таблица 43

Сравнительная потребность в рабсиле на 1 м^2 стен при различном материале стен

| Наименование материала | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите во 2-м клим. поясе | Потребность по специальности | | | Всего человеко-дней | |
|------------------------------|--|------------------------------|-----------|---------------------------|---------------------|------------|
| | | каменщиков | рабочих | | | штукатуров |
| | | | на кладку | на приготовление раствора | | |
| Кирпич обыкновенный, строит. | 64 | 0,37 | 0,28 | 0,17 | — | 0,82 |
| „ | 51 | 0,35 | 0,24 | 0,25 | — | 0,84 |
| „ | 43 | 0,32 | 0,24 | 0,25 | 0,12 | 0,93 |
| Фибролит в 2 слоя | 14—18 | 0,26 | 0,02 | 0,01 | 0,12 | 0,41 |
| Легкобетонные сплошные камни | 38 | 0,27 | 0,12 | 0,08 | 0,12 | 0,59 |
| Камни „Крестьянин“ | 35 | 0,43 | 0,08 | 0,04 | 0,12 | 0,67 |
| Силикаторганики | 25 | 0,25 | 0,06 | 0,03 | 0,12 | 0,46 |

Сокращение потребности в жел.-дор. транспорте.

Потребное количество вагонов для транспортирования кирпича, фибролита и камней (без учета раствора) для возведения 1000 м^2 стен может быть подсчитано из следующих таблиц

Таблица 44

Грузоподъемность жел.-дор. вагона

| Материал | Вес единицы продукции | Емкость вагона |
|------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Кирпич обыкновенный | 3,6 кг/штука | 5000 |
| Фибролит | 300—450 кг/м ³ | 25 м ³ |
| Легкобетонные сплошные камни | 1150—1350 „ | 15 |
| Силикаторганики | 700—750 „ | 25,0 „ |

Таблица 45

Потребное количество вагонов для транспортирования различных материалов

| Материал | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите | Количество на 1 м ² стены | Количество на 1000 м ² стен | Потребное количество вагонов |
|---------------------|---|--------------------------------------|--|------------------------------|
| Кирпич обыкновенный | 64 | 262 | 262 000 | 52,0 |
| Кирпич обыкновенный | 51 | 210 | 210 000 | 42,0 |
| Кирпич обыкновенный | 43 | 157 | 157 000 | 32,0 |
| Фибролит | 14 | 0,14 м ³ | 140 м ³ | 5,6 |
| Легкобетонные камни | 38 | 0,345 " | 345 " | 26,0 |
| Силикаторганики | 25 | 0,25 " | 250 " | 10,0 |

Сокращение потребности в гужевом транспорте. Столь же показательна экономия в отношении гужевого и автомобильного транспорта.

Таблица 46

Сравнительная потребность в гужтранспорте на 1 м² стены

| Наименование материала | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите во 2-м клим. поясе | Вес материалов на 1 м ² подлежащих перевозке | | | Всего кг | Грузоподъемность одной лошади в кг | Количество ездов в сутки при расстоянии в 6 км | Потребность в конеднях |
|--|--|---|---|---------|----------|------------------------------------|--|------------------------|
| | | стенных материалов с учетом боя | сухих материалов для приготовления раствора | | | | | |
| | | | строит. | штукат. | | | | |
| Кирпич обыкн. строит. . | 64 | 938 | 313 | — | 1251 | 1100 | 2 | 0,58 |
| " " " " " " | 51 | 755 | 206 | — | 961 | 1100 | 2 | 0,44 |
| " " " " " " | 38 | 565 | 206 | 20 | 791 | 1100 | 2 | 0,36 |
| Фибролит " " " " " " | 14 | 56 | 10 | 27 | 93 | 850 | 2 | 0,06 |
| Легкобетонные сплошные камни | 38 | 460 | 75 | 20 | 555 | 1100 | 2 | 0,25 |
| Камни "Крестьянин" | 35 | 300 | 37 | 20 | 357 | 1100 | 2 | 0,16 |
| Силикаторганики | 25 | 187 | 28 | 20 | 235 | 1100 | 2 | 0,11 |

Сокращение расхода топлива. Изготовление легкобетонных камней дает значительно большую экономию в топливе, нежели все вышерассмотренные материалы.

Таблица 47

Расход условного топлива на 1000 м² стен из различных материалов включая топливо на обжиг сырья).

| Материалы | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите | Расход топлива на единицу продукции | Расход топлива в кг | | |
|--|---|-------------------------------------|----------------------|------------|-------|
| | | | на стеновой материал | на раствор | Итого |
| Кирпич обыкновенный . | 64 | 253/1000 | 66 | 4,5 | 70,5 |
| " " " " " " | 43 | 253/1000 | 40 | 9,5 | 49,5 |
| Фибролит известково-диатомовый | 14 | 247/м ³ | 34,5 | 0,3 | 34,8 |
| Известково-диатомово-шлаковые камни | 38 | 54/м ³ | 18,5 | 1,25 | 18,75 |
| Силикаторганики | 25 | 111/м ³ | 27,5 | 1,3 | 28,8 |

Известково-шлаковые камни

В Германии довольно широко распространено изготовление и применение известково-шлакового кирпича и камней. Сырьем для их производства являются: воздушная известь и гранулированный шлак или гидравлическая известь и котельный шлак.

Свойства. Объемный вес известково-шлакового кирпича и камней различен в зависимости от гранулометрического состава заполнителей, дозировки смеси и силы уплотнения. При применении гранулированного шлака объемный вес камня примерно равен $1100-1200 \text{ кг/м}^3$. Временное сопротивление сжатию совершенно отвердевших и сильно спрессованных камней из гранулированных шлаков доходит до 80 кг/см^2 , при употреблении котельного шлака прочность много ниже (при гидравлической извести $20-25 \text{ кг/см}^2$). Камни достаточно огнестойки и морозостойки. Дефектом камней является их сильная влагоемкость.

Поверхность кирпича, так же, как и камней, шероховата, чем обеспечивается надлежащее сцепление с раствором. Цвет камней определяется окраской примененных шлаков; вследствие осветляющего действия извести обычно получаются оттенки от темносерого до светлосерого цвета.

Дозировка. Обычно применяющиеся дозировки: воздушная известь и гранулированный шлак — 1:10; гидравлическая известь и котельный шлак — 1:6 (по объему). Воды добавляется до получения удобной для формования консистенции. Известь пригодна в виде пушонки, теста и молока. Наиболее целесообразно предварительное превращение извести в молоко (общее правило), так как в этом случае опасность наличия незагашенных частиц извести сводится к минимуму.

Изготовление камней. Дозированная смесь перемешивается ручным или машинным (предпочтительно) способом. Отформованные кирпичи (или камни) выставляются для выдержки под навесы. При изготовлении кирпича (или камней) из гидравлической извести и котельного шлака между кирпичами оставляются зазоры для циркуляции воздуха. Стелажу посыпается шлаком или песком, что предотвращает прилипание кирпича (или камня) к стелажу.

Свежеизготовленные кирпичи (камни) мягки и маслянисты; с течением времени их прочность повышается и по истечении 6 мес. уже в кладке достигает с практической точки зрения максимума. Интенсивность нарастания прочности зависит от климатических условий: летом кирпичи и камни пригодны к употреблению через 28—42 дня, а в холодное время года для достижения той же степени прочности потребуется не менее 3 мес. Скорость твердения может быть значительно увеличена введением процесса пропаривания. Твердение значительно ускоряется также при добавлении в бетон 10% измолотых в муку гранулированных основных шлаков (гидравлическая добавка).

Применение. Известково-шлаковый кирпич и камни применяются как и обыкновенный кирпич; непригодны они только для кладки фундаментов ввиду их сильного водонасыщения.

Перспективы развития производства шлакобетонных камней. Анализ сравнительных технических и экономических данных, приведенных в различных местах раздела о шлакобетонных камнях, свидетельствует о бесспорном преимуществе шлакобетонных камней над ранее применявшимися стеновыми строительными материалами и подтверждает выше высказанное положение о том, что во многих случаях обыкновенный и силикатный кирпич будут вытеснены легкобетонными камнями.

В первую очередь должно развиваться производство пропаренных бесцементных шлаковых камней, не требующих для своего изготовления остродефицитного цемента. Однако это ни в коей мере не исключает необходимости организовывать производство и цементных камней в местах небольшого спроса, а также при отсутствии необходимого оборудования (колхозное строительство, мелкое городское и т. д.) или в случае потребности в повышенной прочности.

Параллельно с развитием производства гидравлической извести и использованием доменных шлаков будет расширяться производство известково-шлаковых камней.

Серьезным недостатком бесцементных шлакобетонных камней (как пропаренных, так и не-пропаренных) является их относительно небольшая механическая прочность, не допускающая их применения в ряде ответственных конструкций. Это обстоятельство ставит на очередь разработку мероприятий по повышению прочности шлакобетонных камней, из которых одним из важнейших является переход к промышленным методам производства — машинному перемешиванию и к машинному уплотнению бетона.

Конечно производство шлакобетонных камней может развиваться исключительно при достаточном обеспечении сырьевой базой — шлаками; в зависимости от наличия шлаков в ряде районов будет превалировать производство опокобетона и шлако-опокобетона (при наличии высококачественной опоки) и в дальнейшем керамзитобетона. Нынешнее положение со шлаками при отсутствии их учета, при пренебрежительном к ним отношении и частых случаях неадекватного использования, не является благоприятным.

Что же касается размеров камней, то ряд бесспорных преимуществ, присущих крупно-блочному строительству, по сравнению со строительством из двуручных и четырехручных камней, предопределяет установку на форсированное производство крупных блоков, используемых в механизированном сборном строительстве.

Опокобетон

Определение. Опокобетонными камнями называются камни на портланд-цементе или известково-пуццолановых цементах, в которых в качестве заполнителя использована опока.

Свойства. Объемный вес опокобетона зависит от вида вяжущего вещества и объемного веса опочной щебенки (преимущественно). Согласно данным Уральской областной станции по рационализации строительства объемный вес опокобетона колеблется от 1,15 до 1,35, увеличиваясь до 1,5 при замене диатома молотой опокой. Однако обязательным условием получения такого объемного веса является употребление в дело опоки с объемным весом не свыше 1,1—1,2.

Механическая прочность опокобетона зависит помимо выше-приведенных факторов также и от комбинации применяемых заполнителей. Так например замена части опоки песком повышает механическую прочность бетона. Но так как повышение прочности связано в данном случае с увеличением объемного веса, то таковой замены при назначении камней для термоограждающих конструкций рекомендовано быть не может. Установлено также повышение механической прочности при замене части опоки котельным шлаком.

Ниже приводим сводку данных о механической прочности различных составов бетона в различные сроки, составленную по материалам Уральской областной станции по рационализации строительства¹.

Теплопроводность опокобетона в среднем составляет 0,20—0,25.

Дозировка бетона. В табл. 48 приведены различные дозировки бетона, применявшиеся в порядке опытных работ Уральской станцией. Рассматривая данные этой таблицы, можно сделать следующие выводы.

а) Замена диатома более активной молотой опокой значительно повышает качество бетона (увеличение механической прочности на 30—35%). Таким образом в случае дробления опоки в щебенку на месте изготовления камней, пылевидные частицы опоки, неминуемо получающиеся при дроблении породы, необходимо вводить в состав бетона взамен молотого диатома.

б) Замена части опоки котельным шлаком (до 50%) также благоприятно отражается на прочности бетона. Это объясняется тем, что опоке свойственно давать на поверхности при замачивании пленку жирного теста, ослабляющую сцепление зерен опоки с раствором. Замена части опоки шлаком ослабляет влияние этого фактора. Правда, вводя шлак, мы усложняем дозировку бетона, но это не является затрудняющим обстоятельством, так как совпадение местонахождений опоки и пунктов сбора шлака вполне возможно.

¹ „Вопросы реконструкции строительства“, изд. Уральской областной станции по рационализации строительства, вып. 1—2.

Таблица 48

Прочность бетона в зависимости от состава, способа обработки и времени отвердевания

| Состав (по объему) | Способ обработки | Объемный вес сухого образца | Временное сопротивление сжатию в кг/см ² через | | | | | Примечание |
|-----------------------|---|-----------------------------------|--|------------|------------|------------|--|---|
| | | | 7 дней | 14 дней | 28 дней | 60 дней | 90 дней | |
| 1:1:3:10 | Трамбованный непропаренный бетон | 1,18 | 27,5 | 34,6 | 40,1 | 50,7 | — | 1, 2, 3, 4, 5 — портланд-цемент, известь, диатом, опока. |
| 1:2:2:10 | | 1,17 | 26,8 | 35,4 | 40,0 | — | 53,3 | |
| 1:2:2:9 | | 1,26 | 24,5 | 29,2 | 41,3 | 42,3 | 44,9 | |
| 1:1:3:10 | Литой пропаренный бетон (пропаривание 6—8 час.) | 1,26 | После пропаривания | 15,0 | 20—25 | | | 6—портланд-цемент, известь, опока. |
| 1:1:2:8 | | 1,36 | | 21,7 | 20—25 | | | |
| 1:1:8 | | 1,32 | | 5,8 | 10—15 | | | |
| 1:1:8 | | 1,38 | | 8,8 | 10—15 | | | |
| 1:2,5:5 | | 1,58 | | 23,5 | | | | |
| 1:3:6 | Пропаренный бетон (пропаривание 12 час.) | 1,58 | | 13,5 | | | 8, 9, 10 — портланд-цемент, песок, опока. | |
| 1:4:8 | | 1,57 | | 11,4 | | | | |
| 1:1:2:2:6 | | 1,42 | | 12,4 | | | | |
| 1:1:2:3:5 | Пропаренный бетон (пропаривание 12—24 часа) | 1,39 | | 15,5 | | | 11 — 15 — портланд-цемент, известь, диатом, шлак, опока. | |
| 1:1:2:4:4 | | 1,36 | | 23,9 | | | | |
| 1:1:3:4:6 | | 1,39 | | 18,4 | | | | |
| 2:1:1:4:8 | | 1,44 | | 23,3 | | | | |
| 1:1:3:5 | | 1,45 | 30,8 | 44,7 | 60,4 | | | 16—портланд-цемент, известь, опока, молотая опочная щебенка |
| | | 1,51 | | | | | | |

в) При применении портланд-цемента известь и диатомит, отдельно вводимые, понижают прочность бетона, причем известь понижает в большей, а диатомит — в меньшей степени. Таким образом при изготовлении цементных камней обязательно наличие всех трех компонентов (портланд-цемент, известь, диатомит). Уральская станция считает в данном случае оптимальной следующую дозировку 1:1:3 (портланд-цемент, известь, диатомит — по объему).

Количество добавляемой воды составляет от 300 до 455 л на 1 м³ бетона при жесткой консистенции и от 500 до 550 л при литом бетоне.

Выход бетона составляет от 0,6 до 0,75; в среднем — 0,63.

Расход материалов. Уральская станция приводит следующие указания о расходе материалов на 1 м³ бетона.

Таблица 49

Расход материала на 1 м³ опокобетона

| Портланд-цемент (в кг) | Известь-пушонка (в кг) | Опока молотая (в кг) | Опока от 2,5 до 10 мм (в кг) | Вода (в л) | Выход |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------|-------|
| 1 | 1 | 3 | 5 ¹ | | |
| 180 | 98 | 345 | 588 | 415 | 0,66 |
| 1 | 1 | 3 | 6 | | |
| 159 | 77 | 294 | 608 | 451 | 0,63 |
| 1 | 1 | 3 | 8 | | |
| 128 | 62 | 238 | 638 | 455 | 0,63 |

Изготовление камней. Изготовление камней соответствует общим технологическим указаниям, изложенным в разделе „Легкобетонные камни“.

Необходимо указать, что пропаривание камней (цементных или бесцементных) чрезвычайно благоприятно отражается на качестве бетона.

¹ Верхние цифры обозначают дозировку бетона в объемных частях.

Экономика. Экономика опокобетона пока еще не уточнена. Но поскольку стоимость дробленой опоки франко-завод будет незначительно отличаться от стоимости грохоченого и частью дробленого шлака, то при учете гидравлически пылевидных частиц опоки не приходится ожидать каких-либо значительных отклонений от данных, приведенных в разделе об известково-диатомово-шлаковых камнях.

Перспективы производства. В разделе о легких заполнителях уже указывалось, что при возможном дефиците в котельном шлаке, неудовлетворительном географическом размещении месторождений пемзы и скоплений гранулированных шлаков и отсутствии производства керамзита, — опока (диатомовая щбенка) является материалом, на использование которого должно быть обращено достаточное внимание.

Весьма удачные опыты по ускоренному твердению опокобетона на бесцементном вяжущем, прекрасные свойства бетона, и возможность применения опоки в железобетоне, позволяют сделать вывод, что опокобетон, несмотря на относительно высокий объемный вес, в силу технических качеств и экономических возможностей может явиться одним из основных материалов. Ограничивающим обстоятельством является малое количество месторождений, продукция которых удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к опочной щбенке.

Пемзобетонные камни

Определение. Пемзобетонными камнями называются легкобетонные камни, в которых в качестве заполнителей применены пемзовый щебень и пемзовый песок. Пемзобетонные камни изготавливаются в большом количестве в Германии. В СССР заводское производство имеется в Закавказье и в небольшом количестве на Северном Кавказе.

В качестве вяжущих материалов применяются различные виды цементов, а также гидравлическая и воздушная известь. Изготовление известково-пемзовых камней возможно потому, что пылевидные частицы пемзы обладают гидравлическими свойствами.

Свойства. Ряд свойств пемзобетонных камней идентичен для камней на цементном и бесцементном основании, как например: объемный вес, пористость, теплопроводность, морозостойкость, водонасыщение и огнестойкость.

Объемный вес. Объемный вес известково-пемзового кирпича составляет около 650 кг/м^3 и не свыше 850 кг/м^3 , цементно-пемзовых камней в среднем — 1100 кг/м^3 (Hütte).

Пористость. Пемзобетонные камни обладают значительной пористостью, что обуславливает естественную вентиляцию кладки и быстрое ее просыхание.

Водонасыщение. Пемзовый бетон в силу своей пористости способен впитать в себя значительное количество воды (от 10 до 58% по весу), причем водонасыщение тем больше, чем меньше объемный вес бетона. При этом водонасыщение известково-пемзовых камней как правило больше, нежели цементно-пемзовых.

В то же время следует отметить, что вследствие незначительного количества капилляров в массе бетона пемзовые бетоны проявляют сравнительно небольшую силу всасывания. При продолжительном дожде также не наступает полного насыщения кладки водой, так как смачивается лишь оболочка отдельных ячеек.

Морозостойкость. Пемзобетонные камни морозостойки. Морозостойкость пемзобетона может быть объяснена относительной крупностью открытых пор пемзы, вследствие чего поглощенная вода не связывается капиллярным протяжением и может свободно расширяться при замерзании.

Теплопроводность. Исследованиями германских лабораторий установлено, что коэффициент теплопроводности сухих известково-пемзовых камней колеблется в пределах 0,13—0,14 и цементно-пемзовых камней — от 0,13 до 0,20. Работы физико-механической лаборатории ИМС дают более высокие значения: для известково-пемзовых камней — 0,158 и цементно-пемзовых — 0,203—0,33.

Огнестойкость. Пемзовый бетон не разрушается при непосредственном соприкосновении с огнем. Кроме того вследствие своей малой

теплопроводности бетон не прогревается на большую глубину, при быстром охлаждении водой не трескается, не крошится и не теряет прочности.

Экономика (см. «Известково-пемзовые и цементно-пемзовые камни»).

Перспективы производства. Пемзовый щебень и песок имеются в Закавказье (Армянская ССР), на Сев. Кавказе и на Камчатке. Таким образом наполнитель для пемзовых бетонов является местным материалом. А так как материал этот, как по соображениям транспорта, так и вследствие недостаточной конкурентоспособности с прочими заполнителями, не выдерживает дальнейшей перевозки, то следовательно массовое применение пемзобетонных камней вне пределов вышеуказанных районов является невозможным.

Известково-пемзовые камни

Дозировка и механическая прочность. Механическая прочность известково-пемзовых камней находится в зависимости от свойств примененной извести и дозировки бетона. Ниже приводятся данные о дозировках и прочности камней на Нальчикской (Сев. Кавказ) пемзе и вулканическом пепле.

Таблица 50

Механическая прочность известково-пемзовых камней в зависимости от состава и времени отвердевания.

| Состав (известь-вулканический пепел — по объему) | Срок твердения (дней) | Временное сопротивление сжатию в кг/см ² | Примечание |
|--|-----------------------|---|---|
| 1:2 | 14 | 11,0 | Условия хранения неизвестны Хранение влажное В последнем случае известь тощая |
| 1:3 | 14 | 10,0 | |
| 1:5 | 60 | 58,0 | |
| 1:6 | 60 | 61,5 | |
| 1:7 | 60 | 51,0 | |
| 1:7 | 60 | 38,0 | |
| (0,15 + 0,85):3 (песок) | 30 | 40,0 | |
| (0,20 + 0,80):3 (песок) | 30 | 45,0 | |
| (0,25 + 0,75):3 (песок) | 30 | 32,0 | |
| (0,20 + 0,80):3 (песок) | 90 | 86,0 | |
| 1:3:6 (пемзовый щебень) | 15 | 22,0 | |

С течением времени по мере отвердевания раствора механическая прочность повышается.

Изготовление. Согласно немецким данным процесс изготовления известково-пемзовых камней заключается в следующем.

Прежде всего, в случае необходимости, производится дробление пемзы на кусочки величиной от 5—15 до 30—35 мм. При этом всегда получается большее количество мелочи (до 5 мм), размалываемой для использования гидравлических свойств пемзы в муку.

Затем изготавливается довольно жидкий раствор из 1 ч. извести (жирной воздушной или гидравлической), 8—9 ч. пемзовой муки и необходимого количества воды. В этот раствор включают пемзовый песок и щебень, в соответствии с выбранной гранулометрией. Для ускорения процесса схватывания и для получения большей прочности можно добавлять некоторое количество портланд-цемента.

Жидкий раствор выливается в формы, посыпанные пемзовой мукой, сильно трамбуется и оставляется в форме до наступления отвердения.

При изготовлении слабо трамбованных камней (кирпича) требуется длительная выдержка камней на стелажках и в штабелях, причем должна быть обеспечена максимально возможная циркуляция воздуха. Твердение камня продолжается от 8 до 12 недель.

Совершенно несомненно, что известково-пемзовые камни могут изготавливаться не только путем воздушного вызревания, но и путем пропаривания.

НТБ
ДНУЖТ

Экономика. По данным северо-кавказского СНХ стоимость 1 м³ известково-пемзовых камней при ручном способе изготовления и при дозировке 1:5:3 (известь, вулканический песок, пемзовый щебень — по объему) составляет 12 р. 60 коп.

При этом стоимость материалов, включая начисления, принимается в 5 р. 80 коп. и работы в 6 р. 80 коп. Стоимость пемла предположена в 1 р. 50 коп. за 1 т, щебня — 2 р. 30 коп. за 1 т и извести — 20 руб. за 1 т.

Применение. Известково-пемзовые кирпич и камни могут применяться для кладки наружных и внутренних стен, для целей термоизоляции и т. д.; известково-пемзовые плиты — для устройства перегородок, утепления перекрытий и кровель и т. д. Возможно также применение известково-пемзового раствора для изоляции трубопроводов, по которым обращаются горячие или холодные жидкости.

В СССР еще не существует строительных правил по применению известково-пемзовых камней; что же касается зарубежной практики, то согласно инструкции прусского министерства внутренних дел известково-пемзовый кирпич допускается как для кладки несущих стен, так и для заполнения каркасных систем при условии обязательной оштукатурки кладки. Запрещено применение кирпича в фундаментах и стенах подвальных этажей до высоты в 50 см над грунтом. Минимально допустимое временное сопротивление сжатию — 20 кг/см²; допускаемое напряжение при этом не свыше 3 кг/см². Балки перекрытий не могут располагаться непосредственно на пемзовом кирпиче, и требуется выкладка под них 4 рядов обыкновенного кирпича¹.

Цементно-пемзовые камни

Сравнительно медленное твердение известково-пемзовых камней и невысокая прочность послужили в Германии причиной постепенного перехода от извести к цементу и цементу с гидравлическими добавками, что дало одновременную возможность ввести индустриальные методы производства.

Дозировка и прочность. Обычная дозировка пемзо-цементных камней, принятая в Германии, составляет 1:7, в редких случаях 1:9. Бетон изготавливается как с добавкой песка, так и без него. Примесь песка, увеличивающая объемный вес бетона, одновременно повышает его прочность (на 50—100 % при добавлении 50% песка).

Изготовление. Изготовление цементно-пемзовых камней может производиться ручным и машинным способом. В первом случае возможно изготовление как кирпича, так и камней в формах или на станках во втором случае процесс может быть автоматизирован полностью, включая подачу материала в машину. Производительность наиболее усовершенствованных машин достигает 5000 шт. кирпича в час. Порядок выдержки отформованного фабриката таков же, как указано выше, с той лишь разницей, что процесс твердения камня на жирном цементном растворе проходит быстрее, чем при тощем цементном или известковом растворе.

Экономика. Подробно этот вопрос освещен в немецкой литературе; данных же о стоимости пемзо-цементных камней на пемзах добытых в СССР — не имеется. Согласно сообщению журнал „Vulkanische Baustoffe“ за 1925 г стоимость 1 м³ кладки из пемзо-цементных камней составляет 24,6—24,8 марки, при стоимости 1 м³ кладки из обыкновенного кирпича в 34,03—34,10 марки. Стоимость 1000 цементно-пемзового (и известково-пемзового) кирпича (1") составляет 36 марок при цене обыкновенного кирпича в 45—48 марок².

Применение легкобетонных камней с минеральным заполнителем

Ниже приведены указания о возможности и порядке применения легкобетонных камней с минеральными заполнителями, в основном составленные на основе картотеки ИННОРСа на стены из камней марки А и инструкции по применению камней „Ауфбау“ (инж. Н. А. Попов).

¹ Probst „Handbuch für Zementwaren“ Verl. Ernst und Sohn, Berlin 1928.

² См. подробно в статье автора „Пемзобетон“ в журн. „Строительная промышленность“ № 4 за 1929 г

1. Легкобетонные камни могут употребляться, в зависимости от их прочности, или для возведения несущих стен или как материалы для заполнения каркасных систем.

Цементные камни могут применяться в сооружениях I, II и III классов любой этажности¹; камни на известково-пуццолановых цементах — в сооружениях II—III классов с определением допустимой этажности по статическому расчету, но не больше 3 верхних этажей для несущих стен и 5 этажей для не несущих.

Запас прочности 4—4,5.

При употреблении камней Ауфбау возможно руководствоваться следующей таблицей допускаемых напряжений, составленной инж. Н. А. Поповым.

Таблица 51
Допускаемые напряжения для камней „Ауфбау“

| № этажа сверху (высота этажа — 3,15 м) | Соотношение длины простенка по фасаду к сумме половинных длин проемов, прилегающих к простенку (в %) | 30 | 40 | 50 |
|--|--|----------|------------------------|------------------------|
| | | 1-й этаж | 3,0 кг/см ² | 3,0 кг/см ² |
| 2-й " | 5,5 " | 4,5 " | 4,0 " | |
| 3-й " | 8,0 " | 6,5 " | 5,5 " | |
| 4-й " | — | 8,0 " | 7,0 " | |

Запас прочности для камней „Ауфбау“ установлен ИННОРСом от 4 до 5; для прочих бесцементных камней запас прочности принимается шестикратный.

Свободная длина стен при бесцементных камнях не должна превышать 8 м; в случае превышения этой длины обязательно введение пилястров через каждые 3—4 м, и тогда предельной длиной является 11 м; при цементных камнях возможно повышение свободной длины до 11 м.

При возведении стен из легкобетонных камней необходимо путем своевременного устройства междуэтажных перекрытий и заделки балок предупреждать образование большой свободной высоты стен (имевшие место катастрофы объясняются именно опрокидыванием высоких стен в процессе работы)².

Кладка из легкобетонных камней должна производиться на водоизоляционном слое по цоколю, причем расстояние нижнего ряда от уровня земли должно быть не меньше 35 см.

2. Толщина стен определяется конструкцией камней, объемным весом материала и климатической зоной сооружения. Определение толщины стены при сплошных камнях может быть произведено по формуле В. П. Некрасова и должно соответствовать указаниям ОСТ 3163. При этом необходимо следить за соответствием влажности пробных камней той влажности, которая будет в стенах будущего здания в период его эксплуатации.

Толщина кладки из наиболее часто употребляющихся пустотелых шлакобетонных камней системы „Крестьянин“ принята во 2-м климатичес-

¹ В САСШ высота несущих стен из несущих камней не превышает 4 этажей.

² „Картотека Иннора“, сост. проф. Б. Г. Скрягаевым.

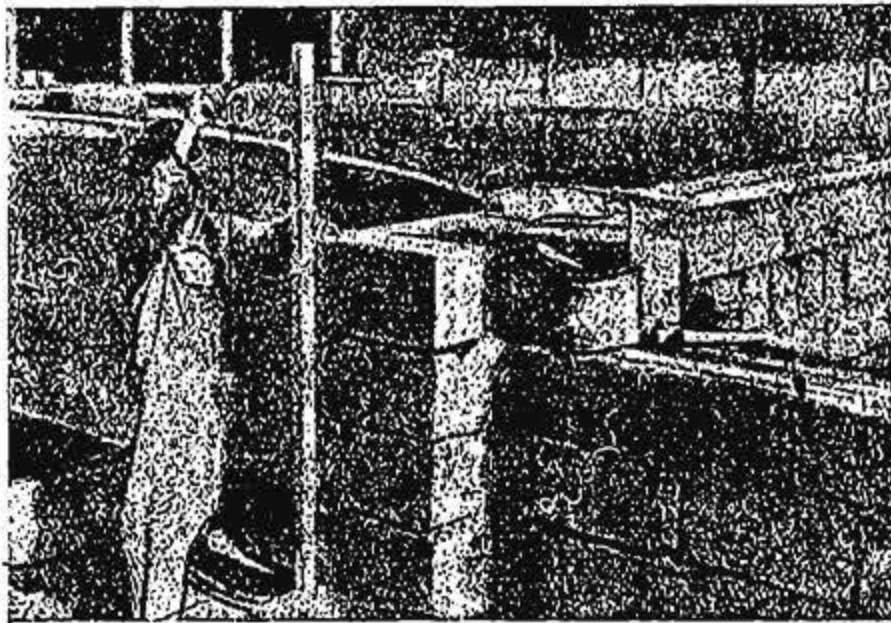
НТБ
ДНУЖТ

ком поясе в 35 см, из которых 30 см приходится на камень ($1\frac{1}{2}$ камня) и 5 см—на воздушную прослойку, подлежащую засыпке термозолятором.

Стены из камней системы „Ауфбау“ при пустотной кладке имеют толщину по конструктивным соображениям в 41 см. При этом толщина стены не зависит ни от климатического пояса, так как теплотехнический режим кладки может регулироваться тепловыми свойствами засыпки, ни от вида применяемого раствора (холодный или легкий), так как шов в кладке „Ауфбау“ нигде не проходит насквозь через всю стену. При этом коэффициент теплопроводности засыпки не должен превышать 0,25 и бетона 0,7.

3. Перевязка кладки должна соблюдаться в направлении длины стены (фиг. 74); в тех же случаях, когда стена имеет толщину больше одного камня, перевязка должна быть соблюдена также и в направлении толщины. Кладка и перевязка углов и сопряжений стен должны быть особенно тщательными.

Кладка стен из камней „Ауфбау“ ведется по принципу кладки Герарда с тем, что перевязка наружной и внутренней стенок осуществляется этими же камнями, укладываемыми тычками. Промежуток между стенками (15 см), составляющий 32,7% от объема стен, засыпается термозолятором. Размеры стен, простенков и проемов должны быть кратны длине $\frac{1}{8}$ камня (13 см) с примыкающим швом, т. е. кратны 14 см.



Фиг. 74. Кладка из легкобетонных камней.

4. Кладка сплошных камней ничем не отличается от кладки стен из тесаного камня. Камни должны класться постелью в слой предварительно положенного ра-

створа, чтобы толщина шва, образовавшаяся после выдавливания излишнего раствора и прессовки его весом камня, была равномерна и составляла 16 мм. Толщина вертикальных швов составляет 10—20 мм.

При кладке из пустотелых камней отверстия верхних поверхностей должны перекрываться бетонными диафрагмами. При отсутствии диафрагм неизбежно затекание раствора в пустоты и ухудшение тепловых свойств кладки. Раствор при кладке входит в нижние отверстия пустот и тем обеспечивает изоляцию одного ряда камней от другого. Непременным условием кладки из пустотелых камней является отсутствие связи между пустотами отдельных рядов кладки.

5. Камни, употребляемые в кладку, не должны быть загрязнены глиной, известью и т. д. Вне зависимости от вида вяжущего (цементные и бесцементные камни) камни должны быть обильно политы водой. В противном случае возможно высасывание влаги из раствора, неудовлетворительное твердение камней в силу неудовлетворительного прохождения процесса гидратации, появление усадочных трещин и т. п.

Кладка должна быть защищена достаточной изоляцией от грунтовых вод; из этих же соображений для цокольных камней применяются более жирные составы.

6. Теплопроводность кладки при недостаточно больших размерах камней в значительной степени зависит от количества и толщины швов. В связи с этим кладку стен из легкобетонных камней рекомен-

дуются производить на легких растворах, что обуславливает однородность стены в отношении термического сопротивления.

Это правило может не соблюдаться при кладке из большеобъемных камней ($0,02—0,15 \text{ м}^3$), так как в этом случае холодный раствор мало отражается на тепловых свойствах стены.

7. Дозировка растворов. В кладке с расчетными напряжениями на сжатие менее 50% от допускаемого возможно применение бесцементных растворов, например: 1:3 (известь-шлак) или 1:1,5:7,5 (известковое тесто, диатомовое тесто, шлак).

Исключением являются: свободно стоящие стены и столбы, стены с избыточной свободной длиной между поперечными стенами и контрофорсами и кладки, подвергающиеся сильным динамическим сотрясениям или работающие на изгиб. Во всех перечисленных случаях, равно как и в кладке с более высоким использованием расчетных напряжений или обладающей пониженной устойчивостью или подвергающейся сильным ветровым нагрузкам и т. п., обязательно применение смешанных или цементных растворов, например 1:2:16 (цементно-известковое тесто, шлак) или 1:4 (цемент, шлак)¹.

8. Штукатурка. В случае изготовления камней на известково-песчаных вяжущих, сооружаемые из них стены должны быть защищены от атмосферных влияний, могущих вызвать намокание и отсыревание кладки, что обуславливает ее недостаточную сопротивляемость морозу или же пересыханию камня, что в свою очередь вызовет падение его прочности.

Защита стен в этом случае осуществляется наружной оштукатуркой или затиркой. Штукатурка обычно хорошо принимается камнями благодаря некоторой ноздреватости их поверхностей.

При употреблении бесцементных не пропаренных камней штукатурка рекомендуется также и для предотвращения чрезмерного высыхания камней в засушливой атмосферной среде.

Наружная штукатурка обычно ведется на известковом растворе с добавлением 10—15% цемента (по весу).

Штукатурка может наноситься непосредственно по окончании кладки.

9. Засыпка пустот. Пустоты в кладке, выполняющие теплозащитные функции, засыпаются обычно, в целях повышения теплоустойчивости, каким-либо дешевым теплоизолятором (шлак, торф-сфагнум, трепел и т. д.) При засыпке вертикальных пустотных колодцев необходимо принимать меры против осадки засыпки путем ее трамбования и прокладки через каждый метр по высоте бетонных или толевых прослоек. В кладке из камней „Ауфбау“ установки таких прокладок не требуется, так как ломаная форма пустот сама по себе создает сцепление засыпки и кладки и тем предотвращает осадку засыпки.

Правила испытаний и приемки. Порядок проведения испытаний на водоустойчивость и морозостойкость камней приведен в разделе о свойствах камней. Испытания на механическую прочность согласно ОСТ 3163 производятся над четырьмя кубиками. Из полученных четырех результатов отбрасывается наименьший и устанавливается среднее временное сопротивление сжатию по остальным трем результатам.

При определении временного сопротивления материалов, механическая прочность которых зависит от степени влажности, испытываются две группы кубиков по 4 в каждой, причем одна из групп испытывается после высушивания ее в течение 24 час. при температуре 60°, а другая после пребывания в течение 48 час. в мокром песке. За среднее временное сопротивление принимается:

а) для камней, предназначенных для наружных стен и ограждений, среднее из результатов обеих групп;

б) для камней, предназначенных для внутренних конструкций, результат испытания группы кубиков в высушенном состоянии.

Для испытаний берутся согласно ОСТ 3163 рядовые камни из общей массы штабелей, причем для отбора образцов достаточно отводить один штабель на каждые 100 м³ легкобетонных камней (0,8—1,2 м³ массы в каждом). В штабели выкладываются камни однородных рецептур, способов изготовления, размеров и форм.

¹ В рядовых перемычках в четырех нижних швах.

НТБ
ДНУЖТ

Каждая партия однородных штабелей должна быть снабжена паспортом с указанием рода компонентов и их количества, способа изготовления, механической прочности, объемного веса и других физических свойств в зависимости от рецептуры материала.

Из каждого штабеля берется:

а) при минимальном размере камней (меньше 25 см) 10 целых камней, из которых выпиливается 10 кубиков с размерами, равными минимальному размеру камня;

б) при минимальных размерах в 25 см и больше такое количество камней, из которых можно выпилить 10 кубиков размером 20×20×20 см.

Срок хранения камней от момента отбора проб до производства испытаний должен быть по возможности короче.

Согласно инструкции ВОРС при изготовлении камней путем воздушного вызревания образцы в зависимости от вида вяжущего могут браться через 7, 14, 21, 28 и 42 дня по изготовлению.

При введении процесса пропаривания названные сроки сокращаются, и отборку и испытание производят через 7 дней после пропарки (помимо этого при изготовлении бесцементных камней желательны контрольные испытания через 14 и 28 дней по изготовлению камня).

При определении механической прочности бесцементных камней следует иметь в виду возможность падения прочности камня по прошествии известного времени с момента изготовления (см. „Известково-диатомовые растворы“). Причиной этого падения помимо неправильного проведения технологических процессов может быть хранение образцов или камней в особо неблагоприятных условиях (в засушливой среде), каковое обстоятельство должно быть предусмотрено и устранено.

Легкобетонные камни с органическими заполнителями

К легкобетонным камням с органическими заполнителями относятся цементные и бесцементные камни на базе древесных опилок, торфа-сфагнома и т. д. (так называемые силикаторганики В. П. Некрасова). Важнейшие отличия камней с органическими заполнителями от вышерассмотренных камней с минеральными заполнителями заключаются в меньшем объеме весе и меньшей механической прочности при значительно большем расходе вяжущего. Поэтому этот вид легкобетонных камней возможно применять лишь для заполнения многоэтажных каркасов и для возведения каменных комплексных конструкций. Согласно ОСТ 3163 камни относятся к марке Б и В.

Силикаторганики В. П. Некрасова

Определение. Силикаторганиками называются строительные материалы на известково-диатомовом вяжущем веществе с древесными опилками, сфагнумом и прочим органическим коротким волокном (в некоторых случаях с добавлением песка).

Проработка силикаторгаников производилась лабораторией фибритных материалов Института сооружений.

Виды заполнителей. В производстве силикаторгаников могут найти применение различные виды органического волокна: торф-сфагнум, древесные опилки и стружки (фибrolит), солома и кора, костра льна, кенафа и т. п., рисовая шелуха, подсолнечная лузга, одубина и прочие отходы и отбросы различных производств¹.

Органический заполнитель сообщает материалу пористость за счет наличия пор в самом наполнителе.

Торф-сфагнум (верхний слой торфяных болот, сохранивший волокнистость), пригоден любого качества при сохранении характера волокнистости.

Перед употреблением в дело сфагнум должен быть распушен, для того, чтобы в замесе и готовом камне было достигнуто равномерное распределение волокна. Распушка производится или легким расти-

¹ В полужаводском и лабораторном масштабе испытаны лишь опилки, торф-сфагнум и одубина; в заводском — исключительно опилки.

рашем кусков сфагнома руками на грохоте с ячейками в 5 мм или же трением на специальном волчке.

В случае замены сфагнома опилками (желательно хвойных пород) последние должны быть отсеяны от крупной щепы путем пропуска через сито с 200 отв/см².

Применение сфагнома является наименее желательным по следующим причинам:

а) волокна сфагнома не обладают достаточной фибрирующей способностью, и поэтому введение сфагнома не может рассматриваться в качестве фактора, повышающего прочность камня;

б) если бетон сильно минерализован (большой расход вяжущего), то влияние сфагнома как фактора, понижающего объемный вес, мало заметно. Если же количество вяжущего уменьшается за счет увеличения количества сфагнома, то это немедленно отражается на прочности бетона, обуславливая ее значительное снижение;

в) сфагнум обладает значительной влагоемкостью и поэтому при употреблении его в высушенном состоянии он обезвоживает раствор, создавая неблагоприятные условия для твердения камня. При последующей же отдаче влаги сфагнум уменьшается в объеме, в результате чего в камне создаются пустоты, ослабляющие камень;

г) если же употреблять сырой сфагнум, то, вследствие чрезвычайно медленной отдачи влаги, в камне долгое время сохраняется сырость.

Свойства. Объемный вес. Объемный вес силикаторгаников может меняться в широких пределах от 1500 до 350 кг/м³ в зависимости от количества вводимой органической добавки. Низший предел объемного веса относится к материалам с наибольшим содержанием волокна, а высший — к материалам, содержащим добавки песка.

Пористость. Пористость по объему составляет у камней марки 68—70%.

Теплопроводность. Теплопроводность силикаторгаников колеблется пропорционально колебаниям объемного веса. Коэффициент теплопроводности высушенных силикаторгаников объемным весом в 650—750 кг/м³ примерно составляет около 0,094 и той же массы в свежеизготовленном состоянии ($\gamma = 750—850$ кг/м³) — 0,2—0,25.

Механические свойства. Прочность силикаторгаников в основном зависит от тех же факторов, что и прочих легкобетонных камней. В случае приготовления силикаторгаников путем запарки при атмосферном давлении особенное значение имеет активность диатома и консистенция массы (литые и трамбованные камни). Чем меньше активность диатома, тем большее количество его должно быть израсходовано для связывания гидрата окиси кальция и в то же время прочность вяжущего, как имеющего в себе инертный заполнитель (неактивный кремнезем), будет меньше, чем при применении активного диатома. Следовательно, при получении равнопрочного раствора, необходимо затратить при малоактивном диатоме большее количество сложного вяжущего, чем при активном. Объемный вес силикаторгаников при этом возрастет, но без одновременного достаточного повышения прочности. Увеличение же объемного веса силикаторгаников обуславливает необходимость соответствующего повышения прочности. Таким образом увеличение расхода вяжущего не дает достаточно положительного эффекта и силикаторганики, приготовленные на малоактивных диатомах, будут обладать всегда меньшей прочностью (и меньшей воздухоустойчивостью) чем силикаторганики, приготовленные на активных диатомах.

Способ приготовления силикаторгаников (литые, трамбованные, запарка) также отражается на прочности продукции. Прочность литых камней меньше, чем прочность трамбованных (уменьшение $\frac{w}{c}$, наличие уплот-

иция). Прочность камней, пропаренных при атмосферном давлении, значительно меньше, чем прочность камней, запаренных при повышенном давлении (более высокая температура прогрева). В связи с этим, в условиях стройплощадки, где возможна пропарка лишь при атмосферном давлении, изготовление литых камней является нецелесообразным.

Среднее временное сопротивление сжатию литых силикаторгаников, запаренных под давлением, составляет 30—40 кг/см². То же — пропаренных при атмосферном давлении, 12—15 кг/см²; то же трамбованных—15—20 кг/см².

Морозостойкость. Устойчивость силикаторгаников против действия мороза в основном зависит от тех же факторов, что и известково-диатомово-шлаковых камней. Поскольку вяжущего вещества в силикаторганиках значительно больше, чем в камнях, то и степень их морозостойкости значительно меньше. Разрушение силикаторгаников идет весьма интенсивно, путем отслаивания бетонной массы. Разрушения силикаторгаников преимущественно возможно ожидать при их хранении на складе, в случае отсутствия защиты от намокания. При оштукатурке кладки признаков разрушения не наблюдается. Пониженная морозостойкость силикаторгаников предполагает особые условия их хранения и применения.

Сцепление с раствором и штукатуркой. Свежеприготовленные силикаторганики дают после их выдерживания значительную усадку, что объясняется свойствами органического заполнителя. В связи с этим, в кладке из силикаторгаников нарушается сцепление с раствором, и в швах наблюдается растрескивание. Предотвратить это явление возможно двумя способами: или подсушкой силикаторгаников после их пропарки, каковой процесс еще не изучался научно-исследовательскими институтами в отношении его влияния на ускорение усадки и на прочность бетона, или путем употребления в кладку достаточно выдержанных камней.

Сцепление со штукатуркой у силикаторгаников также неудовлетворительное. Поскольку штукатурка силикаторгаников является обязательной для повышения их морозостойкости, то необходимо наносить штукатурку по сетке.

Водонасыщение. Силикаторганики являются сильно влагоемкими материалами, поглощающими от 30 до 100% влаги по весу. Степень водонасыщения находится при этом, конечно, в обратной зависимости с объемным весом.

Огнестойкость. Силикаторганики не горят и не поддерживают горения. Так например 30-минутное воздействие пламени паяльной лампы вызывает разрушение в материале всего лишь на 10—15 мм в глубину.

Устойчивость против гниения. Силикаторганики более устойчивы против гниения, чем сырая древесина. По данным Бактериологического института им. Плеханова вероятность заражения силикаторгаников домовым грибом в 2—4 раза меньше, чем сырого дерева.

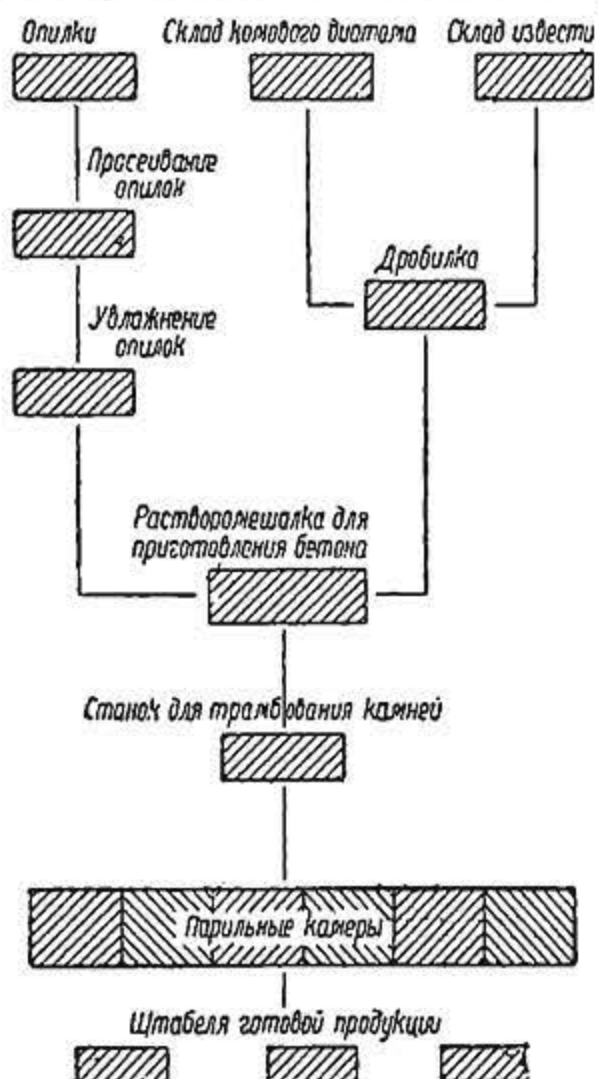
Удобство обработки. Силикаторганики могут хорошо пилиться, сверлиться и т. д.

Дозировка. Соотношение извести и диатома определяется теми же факторами; что и при приготовлении известково-диатомово-шлаковых камней. Расход сложного вяжущего на 1 м³ камней обычно составляет 450—500 кг (в зависимости от вида технологического процесса и активности диатома), при расходе опилок в 750—850 л. В переводе на объемную дозировку это составляет, примерно, 0,8—1 объем опилок на 1 объем сложного вяжущего. Дальнейшее увеличение расхода заполнителя нецелесообразно, так как оно приводит к весьма незначительному уменьшению объемного веса камней, при значительном понижении прочности. Так например при дозировке в 2 объема опилок на один объем сложного вяжущего объемный вес понижается всего лишь на 10—12%, а прочность уменьшается на 60—80%.

При изготовлении трамбованных камней выход бетона снижается и расход материалов на 1 м³ камней повышается на 15—20%.

Что касается количества добавляемой воды, то при изготовлении литых камней оно должно быть минимально возможным, а при изготовлении трамбованных камней — максимально возможным.

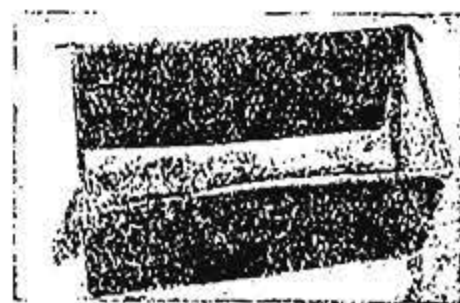
Производство. Приготовление вяжущего и смешение его с заполнителем в основном не отличается от аналогичных процессов при изготовлении легкобетонных камней с минеральным заполнителем (см. схему 75). Органический заполнитель должен быть до смешения увлажнен, так как иначе произойдет обезвоживание раствора. Формование камней может



Фиг. 75. Схема производства силикаторгаников.

происходить литьем и трамбованием. Преимуществом приготовления трамбованных камней с точки зрения их свойств является их большая прочность и большая воздухоустойчивость; недостатками — большой объемный вес (на 18—20%) и большой расход материалов на 1 м³ изделий.

К недостаткам литого способа с технологической точки зрения относятся: необходимость применения железных форм, сложность их наливки и транспортировки и увеличение расхода топлива, вследствие введения излишнего количества воды.



Фиг. 76. Форма для изготовления литых силикаторгаников.

Выбор того или иного способа формования в значительной степени зависит от характера последующей обработки камней. При изготовлении камней запаркой при атмосферном давлении, следует ориентироваться на трамбованные камни; при запарке камней под повышенным давлением возможно изготовление литых камней.

Трамбование камней может производиться на всех ранее описанных станках. В случае литья камней приготовленная масса немедленно после смешения разливается в бездонные формы (фиг. 76), сделанные из кровельного железа (смазка машинным маслом обязательна) и установленные попарно на подкладках. Во избежание раковин и пузырей масса штыкуется (особенно по углам) мастерками. Влажность массы составляет в этот момент 90—100%.

Формы изготавливаются из миллиметрового железа, укрепляемого для жесткости на проволочном каркасе из 6-миллиметровой проволоки. По краям формы закладываются штыри, также из 6-миллиметровой катанки. В случае изготовления блоков большого размера формы необходимо во избежание выпучивания схватывать скобами. Подкладные листы изготавливаются из кровельного железа. Перед заполнением массой формы очи-

НТБ
ДНУЖТ

щаются и смазываются олеонафтом или керосином, мазутом или же их смесью. Смазку желательно употреблять в подогретом состоянии. Выемка камней из форм производится следующим образом: сначала вынимаются штыри, затем снимается одна боковая сторона, форма с боков слегка разворачивается, и камень вынимается. В освобожденную форму вставляются штыри, и форма готова для дальнейшего наполнения.

Воздушное вызревание. В условиях хорошей вентиляции (в особенности в летнее время под навесом) камни примерно через 1—2 суток теряют 10—14% влаги и дают усадку, после чего формы можно снимать. Усадка камня равна, примерно, $\frac{1}{20}$, причем по вертикали усадка больше, чем по горизонтали. Размер усадки, определяемый на пробных кубиках, следует учитывать при изготовлении форм.

После снятия форм камни выдерживаются в течение 10 дней на месте (ввиду их слабости), после чего вызревают в штабелях. Выдерживание в последних (3—4 ряда) должно продолжаться до 20 дней. В результате

сушки камни при достаточном обтекании воздухом (необходимо оставлять достаточные зазоры как между рядами, так и между отдельными камнями) теряют до 50% влаги. При дальнейшей выдержке камни отдают влагу с трудом; постоянство веса они приобретают уже в кладке через $\frac{1}{2}$ —1 год, в зависимости от времени года и климатических условий.

Силикаторганики, как материалы влагоемкие и медленно сохнущие, должны быть в период твердения защищены от непосредственного действия дождя и солнца,

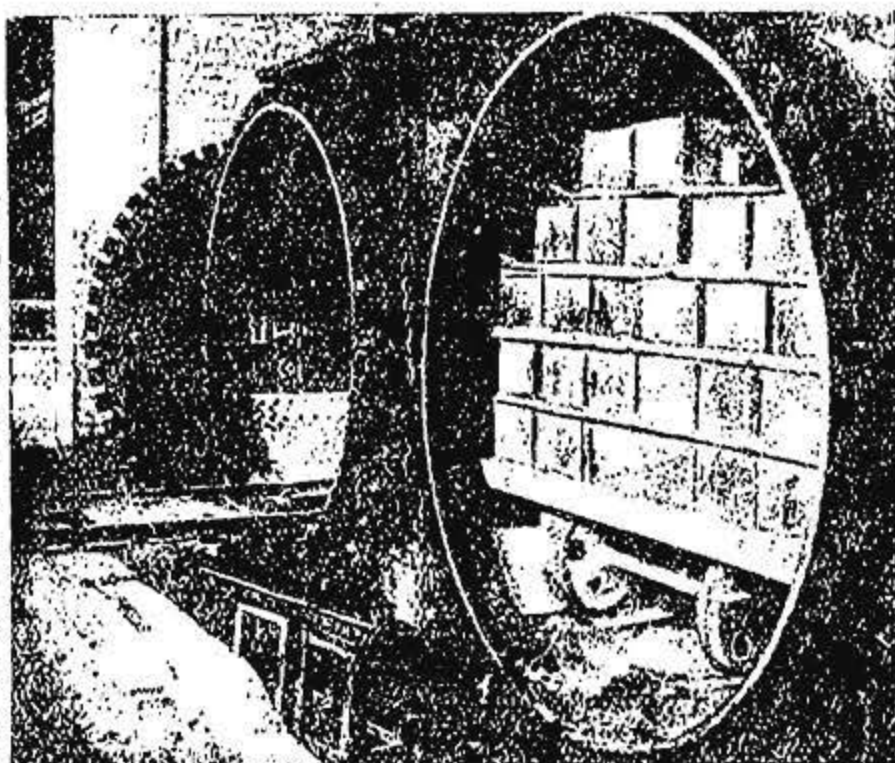
т. е. выдерживание их должно происходить обязательно под навесом, а не на открытом воздухе.

Необходимо особо оговорить, что при изготовлении силикаторгаников по способу воздушного вызревания получается продукт неособенно высокого качества, обладающий склонностью к снижению механической прочности в условиях сухости. В связи с этим изготовление камней путем воздушного вызревания не рекомендуется, и, в случае отсутствия возможности обрабатывать отформованные камни паром, необходимо добавлять к вяжущему портланд-цемент.

Силикаторганики с запаркой под давлением. Для изготовления силикаторгаников по этому способу могут быть использованы существующие заводы известково-песчаного кирпича. Процесс производства состоит в этом случае из следующих стадий: приготовления известково-диатомового вяжущего, смешения вяжущего с заполнителем, отливки камней и запарки их в котлах-автоклавах.

При употреблении молотого диатома (что нецелесообразно) процесс смешения с известью-пушонкой (гашение в гасильных барабанах или силосах) может происходить в специально устанавливаемых растворомешалках.

При употреблении комового диатома возможны следующие варианты:

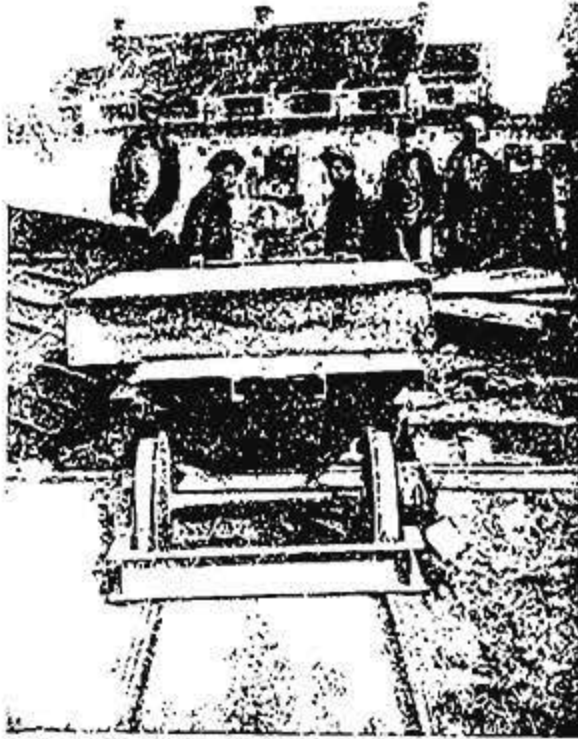


Фиг. 77. Силикаторганики в запарочном котле.

НТБ
ДНУЖТ

а) при силосном способе производства — гашение извести в силосах и присутствии диатом естественной влажности; при этом известь-кипелка будет гаситься частично за счет дополнительно вводимой влаги, частично за счет влаги, содержащейся в диатоме. Полученный продукт поступает в растворомешалку, где и перемешивается при добавлении влаги;

б) при барабанном способе производства комовый диатом размалывается на бегунах или дробилке „Клеро“ при увлажнении известковым молоком. Последнее получается путем разжижения извести-пушонки, выходящей из гасильных барабанов;



Фиг. 78. Крупный блок—силикат-органик.

в) совместный перемол извести-пушонки и комового диатом на бегунах; в том случае, если известь не загасится до поступления массы в запарочный котел, вряд ли возможно ожидать брака камней, так как увеличение в объеме гасящейся извести будет воспринято органическим наполнителем.

Смешение вяжущего с наполнителем должно происходить в специальных растворомешалках принудительного действия (вертикальных или корытных). Готовая масса разливается по рукаву в предварительно смазанные бездонные формы, установленные на запарочной вагонетке (54 камня—1,4 м³ бетона). Между формами укладываются прокладные листы из кровельного железа.

18 вагонеток), где и остается в течение 12 час. (фиг. 77). Режим запарки следующий:

Нагруженная вагонетка с помощью шибобюны поступает в запарочный котел (в котел обычной длины входит

| | | |
|------------------------------|---|-------------|
| Загрузка автоклава | . | — 40 мин. |
| Закрытие крышки | . | — 20 |
| Подъем давления до 8 ат. | | 2 час. — |
| Запарка | | 8 " — |
| Спуск пара | | 2 " 30 мин. |
| Съем крышки | | — 20 " |
| Выгрузка автоклава | | — 20 " |

Итого около 14 часов

Расход пара на запарку составляет около 400—450 кг/м³.

Выгруженные из автоклава камни вынимаются из форм и укладываются в штабели.

Запарка при атмосферном давлении. Запарка силикаторгаников производится в парильных камерах той же конструкции, что и при изготовлении легкобетонных камней с минеральным наполнителем. Целесообразно применение отдельной системы отопления и впуска пара в камеру.

Режим пропарки, согласно исследований ЦНИИПСа, примерно следующий:

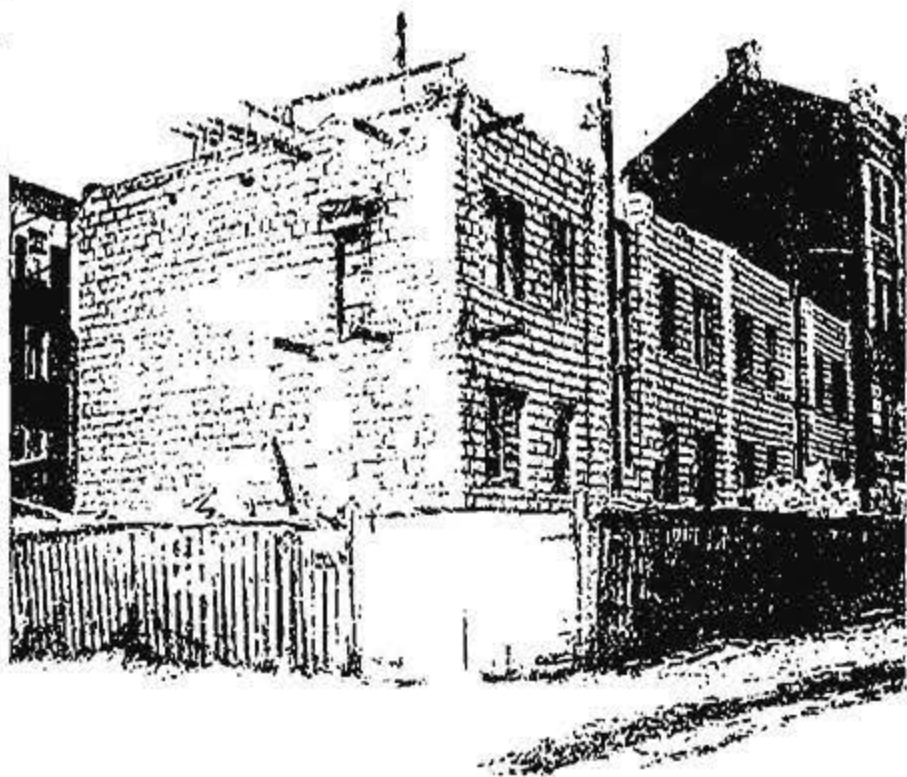
| | | |
|---|--|--------|
| Подсушка при температуре 35—40° | | 6 час. |
| Подъем температуры от 40° до 95° | | 3 " |
| Пропарка, при температуре 90—100° | | 12 " |
| Спуск пара | | 2 " |

Средний объемный вес литых камней в воздушно-сухом состоянии составляет 800—900 кг/м³ и трамбованных—950—1050 кг/м³, что соответ-

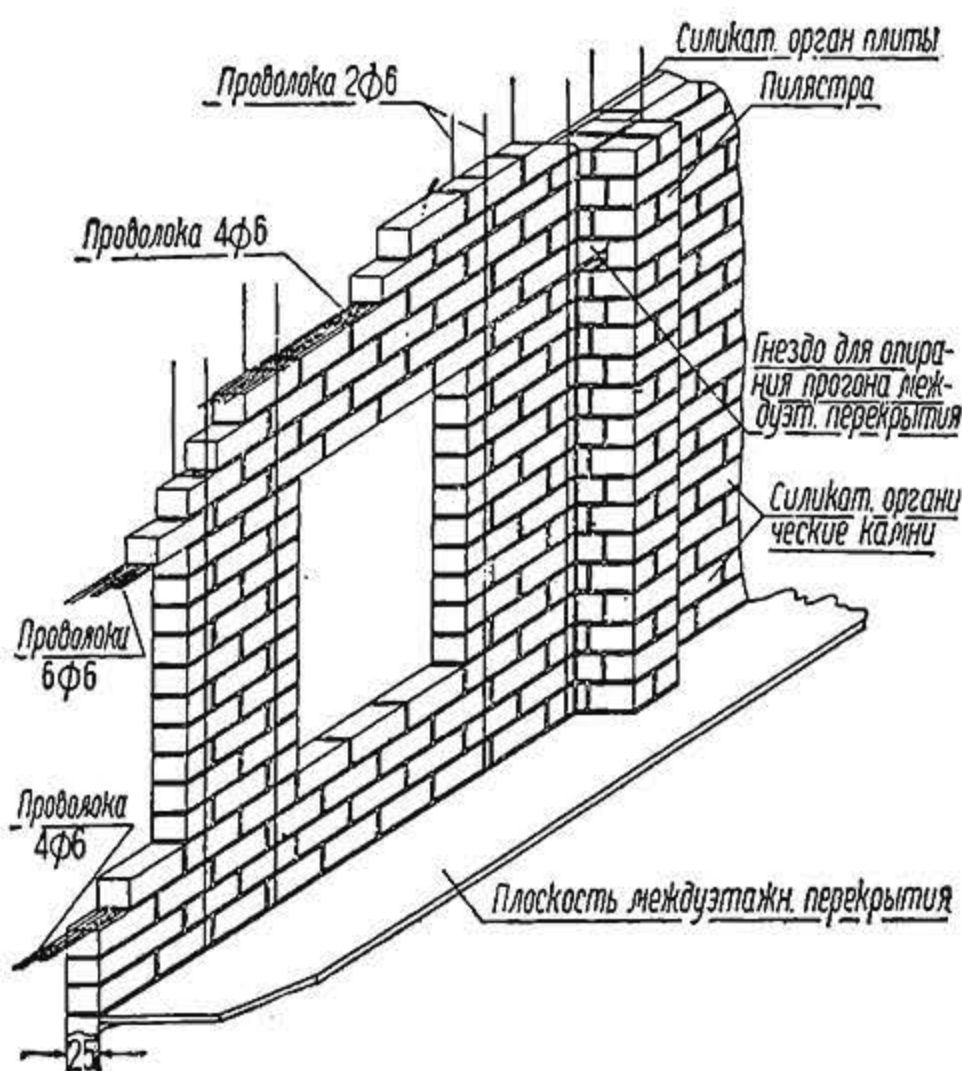
НТБ
ДНУЖТ

ствует объемным весам свежепропаренных камней в 1180—1230 кг/м³ и 1200—1280 кг/м³.

Применение. а) Камни марки Б могут употребляться преимущественно для заполнения каркасов, иногда для возведения несущих стен. Равным образом их применение целесообразно для крупноблочного строительства (фиг. 78). Минимальное временное сопротивление сжатию камней, применяемых для возведения одноэтажных зданий, составляет 15 кг и двухэтажных — 25 кг. При употреблении камней для возведения несущих стен и наличия фибрирования проволокой допустима высота в 4—5 этажей (фиг. 79). В этом случае временное сопротивление сжатию должно быть не меньше 25 кг/см².



Фиг. 79. Дом ЦНИИПСа в Москве из силикаторгаников (первые два этажа из пяти).



Фиг. 80. Мгновенно связанная кладка из силикаторгаников.

ными перемычками или междуэтажными перекрытиями проволоочной сетки из 4—6-миллиметрового круглого железа.

Запас прочности принимается шестикратный.

Свободная длина стен не должна превышать 5 м. При большей длине обязательно устройство пилястров или тычковых рядов камней.

Перекрытия укладываются по возведении каждого этажа; предельная высота этажей не должна быть больше 4 м.

Порядок изоляции от грунтовых вод тот же, что и для шлако-бетонных камней.

Для укрепления кладки из силикаторгаников возможен пропуск по периметру всех стен по уровню над оконными

При больших высотах или пролетах стен, чем указано выше, надлежит применять армирование по системе В. П. Некрасова, заключающееся в том, что через каждые 2—3 шва пропускается горизонтальная сетка из 4—6 прутьев, диаметром в 4—6 мм. Сетки по вертикали схватываются хомутами из 3—4-миллиметрового железа по краям простенков или через каждые 2—4 м¹ (фиг. 80).

б) Толщина стен из силикаторгаников составляет во втором климатическом поясе 25 см.

в) Порядок кладки такой же, что и при шлакобетонных камнях.

г) Обязательна холодная или теплая штукатурка наружных стен (смотря по расчету).

Перспективы развития производства. Из вышеуказанного видно, что применение силикаторгаников более выгодно, нежели известково-диатомово-шлаковых камней. Особенным преимуществом силикаторгаников, при применении их в качестве материала заполнений, является малый объемный вес, значительно снижающий нагрузки на каркас. Тем не менее расширение производства силикаторгаников на базе известково-диатомового вяжущего не может иметь места до тех пор, пока не будут изысканы меры к повышению их воздухо- и морозостойкости.

Развертывание производства силикаторгаников связано также с более радикальным решением вопроса о сырьевых базах, нежели в настоящий момент. А именно: учитывая недостаточное количество опилок и неблагоприятное территориальное размещение сфагумовых, торфяников, необходимо действительно использовать для производства силикаторгаников все те виды органического заполнителя, которые названы выше.

ИСКУССТВЕННО-ПОРИСТЫЕ (ЯЧЕЙСТЫЕ) БЕТОНЫ

При изготовлении легкобетонных камней малая теплопроводность бетона достигается введением в состав бетона легких пористых наполнителей, уменьшающих теплопроводность бетона благодаря термическому сопротивлению заключенного в них воздуха. Но такой же термический эффект может быть достигнут и путем непосредственного введения в состав бетона пузырьков воздуха или иного газа, образующих в его массе надлежащую пористость и сообщающих ему пониженную теплопроводность.

В результате ряда работ, проводившихся в Зап. Европе и СССР, задача получения такого типа бетонов, которых можно назвать искусственно-пористыми или ячейстыми бетонами, является решенной. Все существующие способы получения ячейстых бетонов, разработанные как в Зап. Европе, так и в СССР, можно свести к двум основным группам: способы химические и способы механические.

Сущность химических способов заключается в затворении на воде смеси цемента, извести и различных добавок (алюминиевой и цинковой пыли, карбида и т. п.); в результате происходящей при этом химической реакции происходит выделение газа (водорода, ацетилена), увеличивающего объем массы путем ее разрыхления и создающего необходимые поры. Ячейстые бетоны, изготовленные по такому способу, называются газобетонами.

При механическом способе изготовления, в состав бетонной массы вводятся мелко раздробленные пузырьки воздуха, образующие пену, причем пенообразователями являются различные мыла, клей и т. п. Приготовленный обычным способом цементный раствор смешивается с заранее приготовленной пеной и обволакивает пузырчатую массу, сохраняющую свое ячейстое строение до окончания процесса схватывания раствора.

Ячейстые бетоны, изготовленные по этому способу, называются пенобетонами.

¹ См. подробно „Картотека конструкции из камней марки Б“, изд. ИИНОРСа 1932 г. сост. инж. С. А. Семенцов.

НТБ
ДНУЖТ

Как видно из изложенного, готовые ячеистые бетоны по своему внешнему виду представляют собой окаменевшую цементную массу с большим количеством воздушных включений, очень мелких и более или менее равномерно распределенных по всей массе.

Газобетон

Определение. Газобетоном называется ячеистый бетон, в котором ячейки получаются благодаря выделению в массе бетона большого количества мелких пузырьков газа в результате определенной химической реакции. Наиболее распространенным способом получения газобетона является затворение на воде смеси цемента, извести и металлического алюминия в виде пыли.

В результате происходящей при этом химической реакции выделяется водород, поднимающий бетонную массу (масса всходит подобно хлебному тесту). Газобетон может изготавливаться с заполнителями и без заполнителей (последние газобетоны менее теплопроводны, но и менее прочны).

Газобетоны изготавливаются в Швеции, Англии и Германии по патенту инж. Эриксона¹.

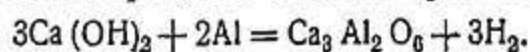
В СССР методы производства газобетона разработаны инж. Брюшковым (ВИСМ).

Сырье. Сырьем для изготовления газобетона являются: портландцемент, известь-пушонка, алюминиевая пыль и в случае надобности заполнитель (мелко измолотый песок). Взамен алюминиевой пыли возможно также применение цинковой пыли и некоторых металлических сплавов.

Газобетон готовится в виде плит и камней различных размеров; возможно также его применение в монолитных конструкциях.

Известь-пушонка должна быть просеяна через сито с 1600 отв/см^2 . Песок должен быть чистый (без глинистых и других примесей) и очень мелкий (просев через сито с 400 отв/см^2). Помимо песка возможно применение пемзовой мелочи, гранулированных основных доменных шлаков, трепела и т. д.

Химизм производственного процесса. Реакция протекает по следующему уравнению:



В результате получается нерастворимый в воде алюминат кальция, повышающий водопроницаемость бетона. Для получения газобетона объемным весом в 500 кг/м^3 требуется теоретически $0,13\%$ алюминиевой пыли от веса цемента, принимая объемный вес последней в 2000 кг/м^3 . Чем меньше объемный вес газобетона, тем больше требуется газа для подъема массы, т. е. тем больше расход алюминия. Работами инж. А. А. Брюшкова установлено, что теоретические подсчеты, не учитывающие ряда производственных особенностей (главным образом потери газа), не вполне отвечают фактическому расходу алюминиевой пыли.

Основным затруднением при изготовлении газобетона является необходимость совпадения начала схватывания тестообразной массы бетона с окончанием газовыделения, что достигается подбором надлежащей консистенции газобетона, регулированием температуры и т. д. При замедленном схватывании (недостаточно густая масса) часть газа прорывается через массу в воздух; при ускоренном схватывании (излишне густая масса) затвердевающая масса бетона будет противодействовать развивающемуся газу, последний будет разрыхлять бетон, ослабляя его при этом.

Указанное затруднение устраняется, с одной стороны, увеличением вязкости массы, и с другой — ускорением схватывания. Увеличение вязкости массы препятствует прорыву образующегося газа через массу в воздух и допускает более жидкую консистенцию без опасения сильной усадки бетона вследствие прорыва больших пузырей водорода. В качестве добавок, увеличивающих вязкость массы, могут применяться только такие вещества, которые не теряют своей загустительной способности под влиянием извести, содержащейся в бетоне во все время схватывания массы. В соответствии с этим, загустителями являются: различные виды костяного и мездрового клея, калийное жидкое стекло ($10\text{—}15\%$ -ный раствор жидкого стекла крепостью в 36° по Боме), желатин и т. д. (при изготовлении газобетона с заполнителями употребление загустителей обязательно). В Германии практи-

¹ Лицензии на производство газобетона за границей переданы шведами английскому концерну „Аэрокрет“, германскому обществу „Торкрет“ (Torkret) и др.

куются добавление к бетонной массе диатомы, повышающего пластичность массы и ее прочность. Что касается ускорения схватывания, то оно достигается нагреванием массы.

Если процесс проведен правильно, то конечный продукт будет обладать однородными замкнутыми ячейками и однородной структурой.

Свойства. Объемный вес¹. Объемный вес газобетона колеблется от 250 до 1200 кг/м³ в зависимости от наличия заполнителей, от количества израсходованной алюминиевой пыли, от размера изделий, температуры раствора и т. д. Инж. Брюшковым получены объемные веса от 400 до 800 кг/м³.

Коэффициент теплопроводности¹. Коэффициент теплопроводности массы, находящейся в зависимости от ее объемного веса и степени замкнутости пор, колеблется от 0,15 до 0,36.

Механические свойства¹. Прочность газобетона (временное сопротивление сжатию) зависит от его объемного веса и правильности проведения производственного процесса и колеблется от 20 до 50 кг/см² (прочность, достигнутая А. А. Брюшковым, значительно ниже и составляет от 3 до 18 кг/см²). По строительным правилам г. Стокгольма, где строительство из газобетона сильно развито, временное сопротивление газобетона сжатию (кубики 15×15×15 см) через 28 дней должно быть не менее 25 кг/см² при минимальном объемном весе в 700 кг/м³.

Временное сопротивление растяжению составляет примерно $\frac{1}{4} - \frac{1}{5}$ временного сопротивления сжатию.

Морозостойкость¹. Газобетон выдерживает двадцатикратное замораживание и оттаивание. Образцы газобетона, изготовленные А. А. Брюшковым, выдерживали от 10 до 20 испытаний.

Водонасыщение. Согласно работ А. А. Брюшкова водонасыщение газобетона составляет в среднем 54,7%, считая на сухую навеску, при среднем объемном весе в 700 кг/м³ и при пористости около 38%. Согласно наблюдениям Стокгольмской высшей технической школы намокание стен от дождя чрезвычайно незначительно; глубина намокания не превышает 5 мм.

Огнестойкость¹. Газобетон выдерживает нагревание до 1000° в течение нескольких часов без каких бы то ни было изменений.

Усадка. Недостатком газобетона является сильная усадка, заканчивающаяся лишь через 2—3 мес. после изготовления. Согласно сообщениям Стокгольмской высшей технической школы усадка достигает 1,25—1,5 мм на 1 м; при этом на первые 2 мес. приходится около 75% усадки и на 3-й мес. — остальные 25%.

Удобство обработки. Газобетон столь же легко поддается обработке режущими, пилящими и тому подобными инструментами, как и дерево.

Производство газобетона. Способ изготовления заграничного газобетона (аэрокрет-бетона) запатентован, и детали его нам неизвестны. Лабораторными работами А. А. Брюшкова установлена следующая схема технологического процесса.

Портланд-цемент, известь-пушонка, алюминиевая пыль и заполнители (в случае изготовления тяжелого газобетона) тщательно смешиваются и затворяются водой (с предварительно затворенным загустителем), нагретой до 30—50° Ц, в деревянной или иной посуде с малотеплопроводными стенками. Вода приливается тонкой струей при непрерывном размешивании массы, чем достигается равномерная реакция извести с алюминием. В случае изготовления легкого газобетона заполнители не вводятся.

После добавления воды массу заливают в формы, примерно на половину объема форм. Стенки формы для облегчения выемки готовых изделий

¹ По данным фирмы Валлевикса в Стокгольме.

НТБ
ДНУЖТ

смазываются машинным маслом. Масса начинает газировать и подниматься в форме, затем схватывается и твердеет. Выемка из формы производится через 2—3 суток. Схватывание и твердение бетона могут быть ускорены помещением заформованной массы в теплую камеру с температурой около 40—60°.

Дозировка смеси при изготовлении газобетона без заполнителей примерно следующая: 10 вес. ч. цемента, 1 вес. ч. извести-пушонки и алюминиевой пыли около 0,25% от веса цемента и извести.

При изготовлении газобетона с заполнителями на 1 объем цемента берется от 0,5 до 4 объемов заполнителя (в зависимости от желательного объемного веса).

Количество воды при изготовлении легкого газобетона составляет примерно 50—60% от веса сухой смеси, а при изготовлении тяжелого газобетона к этому количеству должна быть добавлена вода, необходимая для смачивания сухого песка.

При изготовлении легкого газобетона возможно достичь уменьшения его веса путем увеличения количества добавляемой воды против вышеуказанных цифр. Во избежание оседания массы полезно прибавлять к воде около 1% костяного клея, а к сухой массе компонентов—от 0,25 до 1% растертого в тончайшую пыль древесного угля.

Экономика. Стоимость газобетона в Германии и Швеции составляет от 19 до 20 руб. за 1 м³ франко-завод. В связи с этим 1 м² стены из пустотелых аэрокретных камней толщиной 20 см¹ стоит 5 р. 50 к.—6 руб., включая стоимость затирки внутренней поверхности².

Перспективы развития производства. В связи с отсутствием в СССР производства достаточного количества металлического алюминия изготовление газобетона в ближайшие годы не получит распространения. Установка должна быть сделана на изготовление пенобетона, тем более, что последний является не менее хорошим строительным материалом, чем газобетон.

Пенобетон (Zellenbeton)

Определение. Пенобетоном называется ячеистый бетон, в котором ячейки получают механическим путем вследствие введения в бетонную массу мелко раздробленных пузырьков воздуха. Изготовление пенобетона основано на присадке к цементному раствору особой прочной и неоседающей пены, сохраняющейся в растворе, пока он не схватится. Пенобетон может изготавливаться с заполнителями и без таковых.

Изготовление пенобетона за границей производится по патенту Э. Бауэра (Дания).

В СССР методы производства пенобетона разработаны инж. А. А. Брюшковым (ВИСМ) и инж. Гензлером (ЛОСО).

Отличительные особенности этих двух методов и работ этих исследователей будут указаны ниже при описании технологических процессов и дозировок.

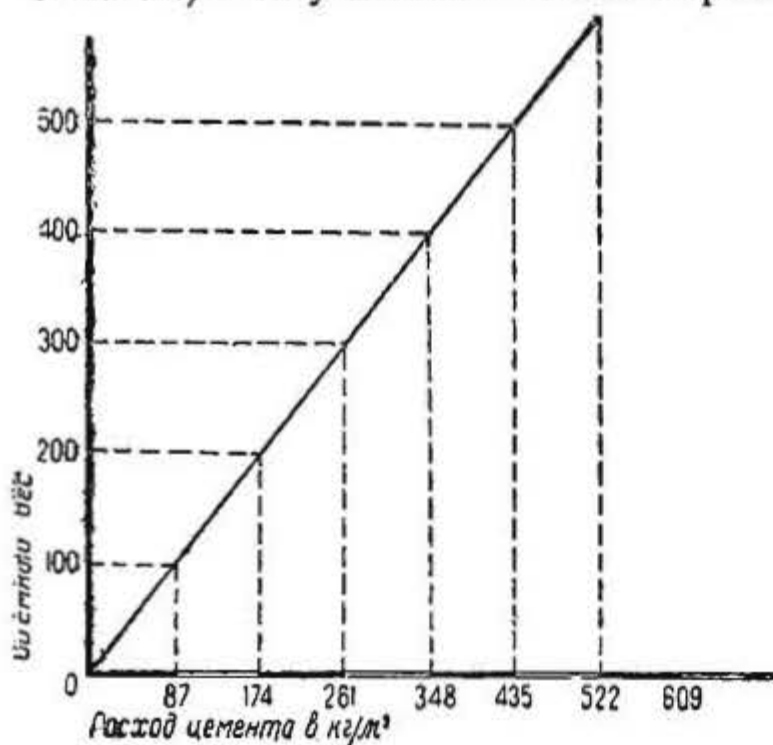
Сырье. Сырье для производства пенобетона складывается из вяжущих материалов, материалов для получения пены и из заполнителей. В качестве вяжущих материалов могут быть применены: портланд-цемент, портланд-цемент в смеси с диатомом (25% по весу), гипс и цемент Сореля (последние два вяжущих еще недостаточно исследованы). В качестве заполнителей: песок, пемзовый песок, гранулированные основные доменные шлаки и т. д. Заполнители должны быть свободны от каких-либо примесей, однородны и достаточно мелки.

Материал для получения пены должен обладать свойством давать пену достаточной стойкости, не оседающую до начала схватывания цемента. Эти материалы могут быть различны в зависимости от выбранного способа производства: сапонино-альгинатного или клеевого. При первом спо-

¹ Эквивалентно кирпичной стене толщиной в 2 кирпича.

² При учете удорожания на каркас стоимость 1 м² стены из газобетона лишь на 15—20% дешевле кирпичной стены.

гобе сырьем для получения пены является мыльный корень (*Saponaia officinalis*) и загустителем — щелочной раствор морских водорослей (*Algae*)¹;



Фиг. 81. Зависимость объемного веса пенобетона от расхода цемента.

при втором — соответственно смоляные мыла (например канифоль) и различные виды клея.

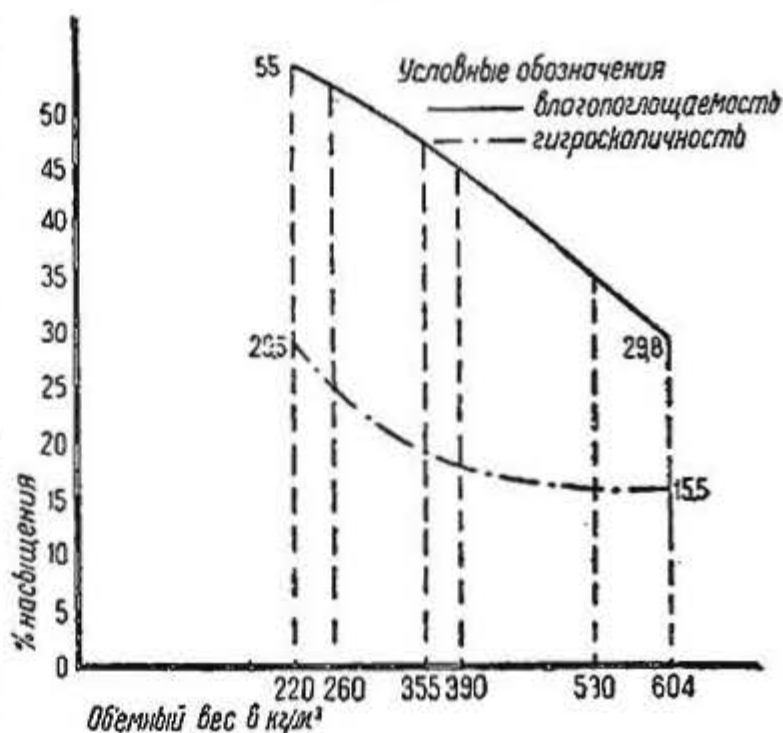
Цемент, применяемый для приготовления пенобетона, должен обладать постоянством объема и активностью не меньше 200—240 кг/см². Начало схватывания цемента должно быть, в зависимости от высоты заливки формы (10—50 см), не позднее 1½—4 часов. Чем больше высота заливки, тем быстрее должно быть начало схватывания. Конец схватывания при этом должен быть во всех случаях не позднее 5—7 часов. Схватывание цемента может быть ускорено путем затворения его на горячей воде.

Объемный вес пенобетона колеблется в пределах 250—1250 кг/м³. Пенобетоны малого объемного веса (до 400 кг/м³) готовят без заполнителя и служат для целей термоизоляции. При введении заполнителей объемный вес повышается и расширяются возможности применения пенобетона.

Работами ЛОВИС² установлена зависимость объемного веса легкого пенобетона от количества израсходованного цемента, графически представленная на фиг. 81³.

Механические свойства. Прочность пенобетона зависит от введения заполнителей, количества пены, количества добавленной воды, времени и качества смешения, от активности цемента и т. д. С увеличением объемного веса механическая прочность повышается.

Пенобетон, приготовленный по способу Гензлера, обладает при объемном весе в 400 кг/м³ временным сопротивлением сжатию, через 7 дней, в 1,5—2 кг/см²; через 28 дней — в 6—8 кг/см² и через 60 дней — 12—14 кг/см². При объемном весе в 600 кг/м³ — прочность через 28 дней достигает 16 кг/см². Согласно проекта ОСТ, временное сопротивление сжатию пенобетона в воздушно-сухом состоянии через 28 дней должно быть при



Фиг. 82. Зависимость водонасыщения и гигроскопичности пенобетона от объемного веса.

¹ Морская капуста.

² Бюллетень Ленинградского отделения ВИС—ЛОВИС № 18 за 1931 г.

³ На графике показан теоретический расход цемента. Практически его идет на 2—3% больше.

НТБ
ДНУЖТ

объемном весе в 400 кг/м^3 не меньше 4 кг/см^2 и при объемном весе в $500\text{—}600 \text{ кг/м}^3$ не меньше 6 кг/см^2 .

Воздухоустойчивость. Имеются указания о появлении в пенобетоне с течением времени трещин и общего постепенного разрушения. Причина этого явления еще недостаточно выявлена. Возможно предположить, что оно является, по преимуществу, следствием усадочных деформаций пенобетона и непостоянства объема портланд-цемента.

Пористость и водонасыщение. Согласно работ А. А. Брюшкова водонасыщение пенобетона составляет в среднем $45,4\%$ на сухую массу (при среднем объемном весе $0,93$). Пористость легкого пенобетона (до 400 кг/м^3) составляет, в зависимости от расхода цемента, от 75 до 90% и тяжелого от 30 до 40% . Водонасыщение пенобетона, согласно проекта ОСТ, не должно превышать 20% по объему.

Фирма „Христиани и Нильсен“ указывает, что высыхание пенобетона (отдача поглощенной влаги) происходит примерно в тот же период времени, что и насыщение водой. Ряд опытов свидетельствует о том, что легкие пенобетоны плавают в воде в течение ряда недель, причем надводная часть образца остается сухой.

На фиг. 82 показана зависимость водонасыщения и гигроскопичности пенобетона от объемного веса.

Коэффициент теплопроводности. При объемном весе пенобетона в 400 кг/м^3 (высушенный до постоянного веса), коэффициент теплопроводности его (λ) равен $0,085$; при объемном весе в $400\text{—}500 \text{ кг/м}^3$ — $0,105$. Для пенобетона в условиях естественного воздушного состояния, коэффициент теплопроводности (λ) соответственно равен $0,12$ и $0,12\text{—}0,15$.

Морозостойкость. Пенобетоны с объемным весом от 850 до 1000 кг/м^3 , испытанные А. А. Брюшковым двадцатипятикратным замораживанием и оттаиванием, оказались вполне морозостойкими. Потеря веса в трех случаях составляет от $0,1$ до $3,9\%$, в одном случае — 8% и в одном случае — $16,1\%$. Примерно аналогичные результаты получены при испытании пенобетона, приготовленного по способу Гензлера¹.

В связи с этим в проекте ОСТ на пенобетон, предусмотрено 15 кратное замораживание насыщенного водой пенобетона при температуре — 15°Ц . Испытуемые образцы не должны иметь видимых повреждений.

Огнестойкость. По немецким данным пенобетон выдерживает нагревание до 500° без всяких изменений. При дальнейшем нагревании (800°) прочность пенобетона снижается, и при температуре в 1100° происходит его разрушение. Пенобетон, изготовленный 4-м жестом, был подвергнут следующему испытанию: в печи, выложенной пенобетонными плитами, была поднята температура до 1100°Ц и поддерживалась в течение часа. Плиты накалились докрасна, при этом несколько крошились и осыпались, но остались целыми даже при поливке водой из брандспойта.

Гвоздимость. Пенобетон плохо гвоздим, равно как и газобетон.

Удобство обработки. Пенобетон режется, пилится, штукатурится и т. д.

Дозировка пенобетона. Дать исчерпывающие указания о различных дозировках бетона невозможно, так как условия, от которых зависит состав (желательный объемный вес, различие заполнителей, влияние температурного режима и т. д.), могут быть различны. Ниже приведем некоторые рецепты легких и тяжелых пенобетонов.

1. Легкий пенобетон по Гензлеру (объемный вес $350\text{—}425 \text{ кг/м}^3$). На 1 м^3 бетона расходуется $310\text{—}370 \text{ кг}$ цемента и $0,25 \text{ л}$ 50% эмульсии. Расход воды на приготовление цементного раствора составляет от 155 до 200 л (водоцементный фактор — $0,50\text{—}0,55$ по весу). Если взять воды меньше, то вследствие испарения, ее может нехватить для процесса

¹ „Бюллетень ЛОВИС“ № 18, 1931.

твёрдения цемента и пенобетон не только будет обладать пониженной прочностью по изготовлении, но и не будет достаточно воздухоустойчив. При этом 80% объема свежеприготовленного бетона в воздушно-сухом состоянии приходится на долю пены и 20% — на долю цементного раствора. Таким образом выход бетона равен 4 объемам израсходованного цемента.

По данным 4-го Гостройтреста (Ленинград) можно заменить $\frac{1}{2}$ объема цемента таким же объемом песка, измельченного до тонкости помола цемента при этом происходит некоторое утяжеление пенобетона, с одновременным некоторым повышением его прочности.

2. Пенобетон с легкими заполнителями (по Брюшкову). Введение легких заполнителей имеет целью снизить количество пустот в пенобетоне и увеличить его прочность при незначительном увеличении объемного веса. Количество вводимого заполнителя зависит от объемного веса последнего: так например, в случае применения пемзы возможна такая дозировка: 2 объема пемзы на 1 объем цемента; при применении древесноугольной крошки — $\frac{1}{2}$ объема на 1 объем цемента и т. д. Заполнители должны быть предварительно насыщены водой, и влажными с поверхности.

3. Тяжелые пенобетоны (с песком). Количество песка может быть доведено до 4 объемов на 1 объем цемента. Количество пены составляет до 10% от веса цемента и песка. При добавлении воды должно быть учтено количество ее, потребное для смачивания песка.

Из вышеприведенных дозировок видно, что расход цемента на 1 м² стены при объемном весе материала в 400 кг/м³ составляет около 60 кг и при объемном весе в 600 кг/м³ около 75 кг.

Производство пенобетона. Как уже указывалось выше, в СССР разработаны два метода производства пенобетона: инж. Гензлера и инж. Брюшкова. Промышленностью в настоящий момент принят к реализации способ инж. Гензлера.

Производство пенобетона по методу Гензлера распадается на 5 операций: а) приготовление пены в эмульсаторе; б) приготовление цементного раствора; в) присадка пены к раствору; г) разливание в формы; д) выдерживание на складе (схема 83).

а) Приготовление пены описано выше.

б) Приготовление цементного раствора происходит в обычных растворомешалках или же, что более удобно, в верхнем барабане трехбарабанной пенобетоньерки (фиг. 84 и 85). В случае изготовления тяжелого пенобетона цемент должен быть предварительно смешан с песком до полной равномерности. Продолжительность перемешивания составляет около 3 мин.

в) Присадка пены к раствору производится в той же растворомешалке или же пена и раствор смешиваются в третьем барабане пенобетоньерки. Обязательна именно присадка пены к раствору путем опорожнения эмульсатора, а не наоборот, так как в противном случае пена будет сбита. Время перемешивания составляет около 2 мин.

При применении трехбарабанной пенобетоньерки, сконструированной в различных вариантах первоначально инж. Гензлером, а затем 4-м Гостройтрестом, происходит, как уже указывалось выше, одновременное приготовление раствора и пены и последующее их смешение. Ось барабана эмульсатора вращается со скоростью 160 об/мин; ось барабана для приготовления цементного раствора — 60 об/мин и ось барабана для приготовления бетона — 120 об/мин. Емкость верхнего барабана, где производится приготовление пены, составляет 500 л; емкость барабана для приготовления цементного раствора — 200 л и емкость барабана для приготовления бетона — 600 л. Совместное перемешивание пены с раствором длится около 2 мин.; признак окончания смешения — отсутствие отдельных хлопьев пены в массе раствора.

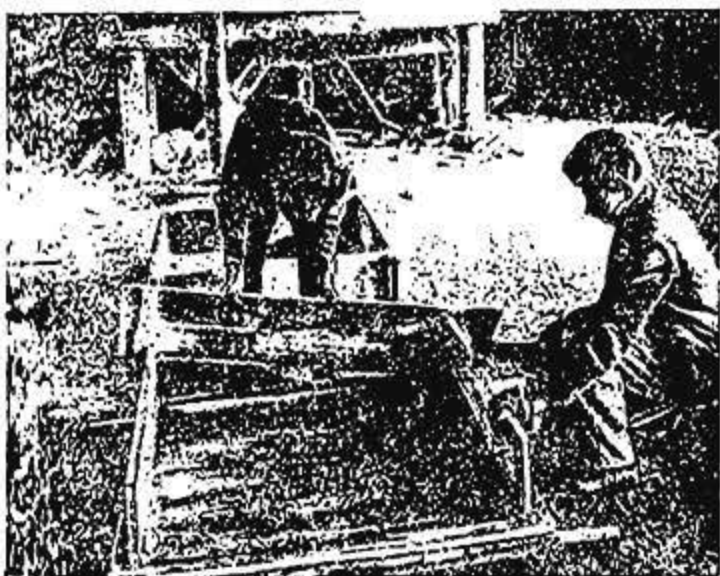
Более длительное перемешивание пенобетона нецелесообразно, так как при этом возможно разбить пену и уменьшить выход бетона.

Готовый пенобетон выливается в лоток-бункер, откуда берется для заливки в формы.

Цикл работы бетоньерки определяется циклом работы эмульсатора и составляет 8—10 минут. Производительность бетоньерки за смену, при выходе из одного замеса 0,45—0,5 м³, составляет в среднем 15 м³; для обслуживания требуется один мастер и один рабочий.

г) Следующей операцией является заливка бетона в формы (при изоляционных работах, как например изоляция плоской кровли, возможна в некоторых случаях непосредственная заливка бетона на изолируемые поверхности).

Формы для заливки готовой массы изготавливаются из 4-см ошпунтованных досок, разборные, и могут быть выполнены в виде штучных форм для отдельных плит (фиг. 86 и 87)¹ или же в виде блочных форм для отливки целых массивов. В качестве поддона служит досчатый настил по лагам, используемый, после разборки форм, для выдерживания пенобетона для распиловки. Для облегчения выемки отформованных изделий целесообразно смазывать стенки формы известковым или глиняным молоком, или нефтью.



Фиг. 87. Сборка формы.

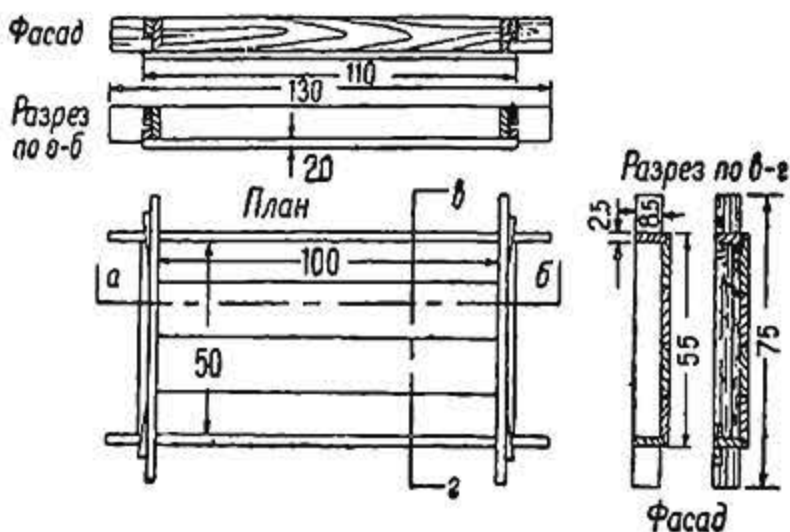
Формы для заливки готовой массы изготавливаются из 4-см ошпунтованных досок, разборные, и могут быть выполнены в виде штучных форм для отдельных плит (фиг. 86 и 87)¹ или же в виде блочных форм для отливки целых массивов. В качестве поддона служит досчатый настил по лагам, используемый, после разборки форм, для выдерживания пенобетона для распиловки. Для облегчения выемки отформованных изделий целесообразно смазывать стенки формы известковым или глиняным молоком, или нефтью.

Формы заливаются доверху и разравниваются. Выдержка в формах продолжается 24—48 час., причем в первое время твердения, пока не произошло схватывания цемента, следует избегать всяких сотрясаний формы, так как в противном случае неизбежна усадка массы в форме.

При понижении температуры воздуха время выдерживания в форме должно быть увеличено до 3—5 дней (в среднем необходимо принимать 3-дневное выдерживание). Максимальный срок относится к температуре 5—10° Ц. Боковые стенки формы могут быть сняты на сутки раньше (фиг. 88)².

¹ Фиг. 86 и 87 предоставлены автору инж. Б. Н. Кауфманом.

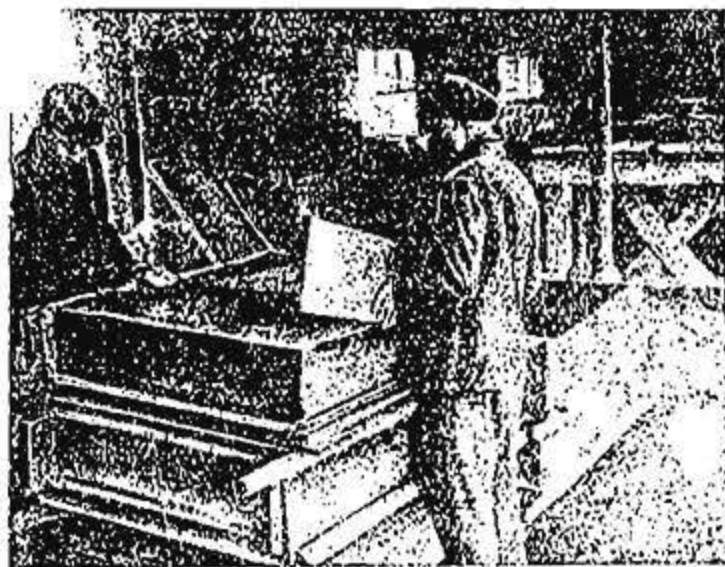
² Б. Н. Кауфман „Производство пенобетонных изделий в построечных условиях“, Журн., „Стронтель“ за 1933 г.



Фиг. 86. Форма для приготовления пенобетонных плит.

Но обычно высота заливки не превышает 20—25 см, что позволяет применять цементы с большими сроками схватывания (см. выше.)

Распиловка пенобетона производится или после снятия форм двуручными пилами (фиг. 89) или в свежем состоянии (через 1—2 суток после заливки) специальными резаками.



Фиг. 87. Разъемка форм после отвердения пенобетона.

помещении (15—18° Ц) не менее 10—15 суток. Плиты выдерживаются в штабелях (укладка на ребро в 2—3 яруса).

Как видно из вышеизложенного, производство пенобетона ценно тем, что не требует сложного оборудования и может быть осуществлено даже кустарным путем (в частности на строительных дворах).

Способы производства пены. Имеется два способа производства пены: сапонино-альгинатный и клевой.

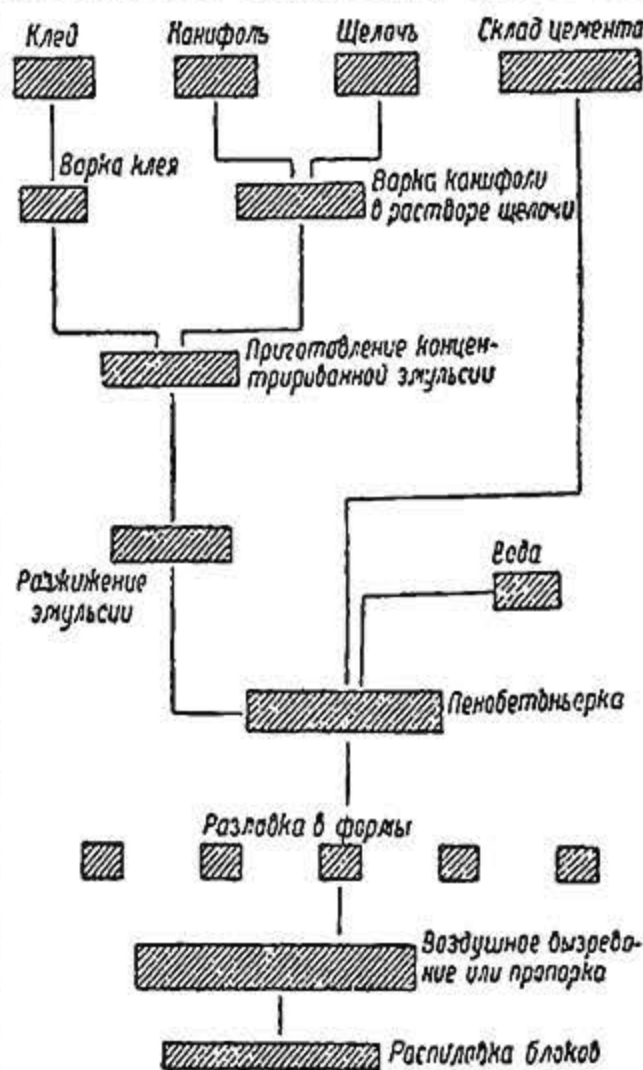
1. Сапонино-альгинатный способ¹. Пена получается при смешении мыльного раствора и раствора альгинатного загустителя. Мыльный раствор получается путем кипячения мыльного корня, причем из него извлекается сапонин (1 л воды на 50 г измельченного корня). Раствор альгинатного загустителя получается путем настаивания в течение 1½—2 суток морских водорослей (морская капуста) в нагретом до кипения водном растворе кальцинированной соды (1 л воды с содержанием 7—10 ч. соды на 35—40 ч. водорослей) и отделения растворившейся массы от нерастворимой и неактивной водорослевой целлюлозы (получается до 1,5 л загустителя).

Раствор для взбивания пены составляется из 10—20 объемов мыльного

Брак, получающийся при распиловке, может быть вновь использован в качестве заполнителя пенобетона. Размер кусков пенобетона принимается в 10—15 см. Согласно указаний инж. Гензлера введение боя уменьшает опасность появления усадочных деформаций.

д) Отформованные изделия поступают на склад для выдерживания (прекращение усадки), каковое продолжается около 20 дней. Выдерживание сопровождается поливкой, что повышает прочность изделий.

В зимнее время изделия необходимо выдерживать в теплом



Фиг. 88. Схема полумеханизированного производства пенобетона.

¹ Проработан А. А. Брюшковым, но не мог быть запатентован, так как оказалось, что аналогичный способ уже запатентован Э. Бауером.

НТБ
ДНУЖТ

раствора, 30—40 объемов альгинатного раствора и 40—60 объемов воды.

Приготовление пены производится в специальных приборах-эмульсаторах.

2. Клеевой способ ¹. Пена получается при смешении мыльного раствора с клеевым. Мыльный раствор получают путем растворения канифоли (гарпиуса) в 40% ном водном растворе щелочи ² (50 г канифоли на 25 см³ раствора) и последующего разжижения этого раствора.

Помимо этого в состав мыльного раствора может входить 5%-ный раствор мылонафта (Брюшков) или нафтеновые кислоты (Гензлер).

Клеевой раствор готовится путем растворения костяного или мезд-рового клея ³ в воде.

Раствор для взбивания пены составляется согласно указаниям А. А. Брюшкова по одному из следующих рецептов:

| | | |
|---|-------|---------|
| а) 2%-ного раствора клея | 40 | объемов |
| 1%-ного канифольного раствора | 10—15 | |
| 5%-ного раствора мылонафта (или аммиачно-на- фтенowego мыла с 3% ассидола) | 15 | |
| воды | 30—35 | |
| б) 2%-ного раствора клея | 30 | |
| 5%-ного " мылонафта | 25 | |
| воды | 45 | |

Инж. Гензлером предложен несколько иной рецепт:

| | | |
|-----------------------|-------|---|
| Клея сухого | 2 | вес. ч. |
| канифоли (гарпиуса) | 1 | " " |
| нафтеновых кислот | 5% | по весу от смеси гарпиуса и клея |
| воды | 12—15 | вес. ч. |

Целью добавления нафтеновых кислот является придание пенобетону водонепроницаемости.

В результате своих последующих работ, направленных к уменьшению содержания сухих веществ в пенобетоне, инж. Гензлер заменил ранее предложенную рецептуру следующей на 1 м³ пены или пенобетона:

| | |
|--------------------|------|
| клея | 90 г |
| канифоли | 50 г |
| поташа | 10 г |

Эти 150 г применяются в виде 1/3% раствора в воде, для чего требуется 60 л воды.

Сапонино-альгинатный способ получения пены является менее удовлетворительным, чем клеевой, как ввиду трудности получения мыльного корня и морских водорослей, так и вследствие водонепроницаемости получаемого бетона и необходимости введения поэтому специальных добавок, усложняющих и удорожающих производство.

В соответствии с этим промышленность в настоящий момент остановилась на клеевом способе изготовления пены.

Приготовление пены по способу Гензлера происходит также в эмульсаторах. В эмульсатор вливаются клеевая эмульсия и вода, и производится сбивание пены, сначала медленное ⁴, а затем более быстрое, до образова-

¹ Прорабатывался в самостоятельных вариантах инж. А. А. Брюшковым и инж. Гензлером.

² Поташ, едкий натр и едкий калий.

³ По указаниям А. А. Брюшкова возможно также применение растительного клея.

⁴ Справедливо при ручных эмульсаторах.

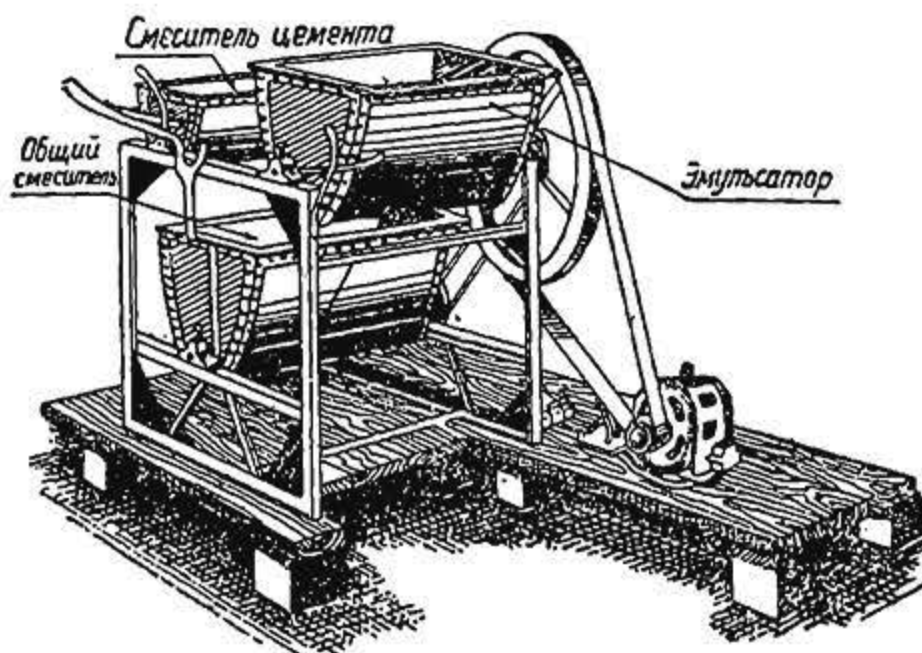
ния пены (200—250 оборотов вала в минуту). Медленное вращение при начале сбивания обеспечивает максимальную густоту пены; при быстром же вращении смесь превращается в молокообразную жидкость, и пены не получается. Времени для сбивания пены требуется 10—12 мин.

Объем получаемой пены в 25—30 раз превышает объем взятой эмульсии.

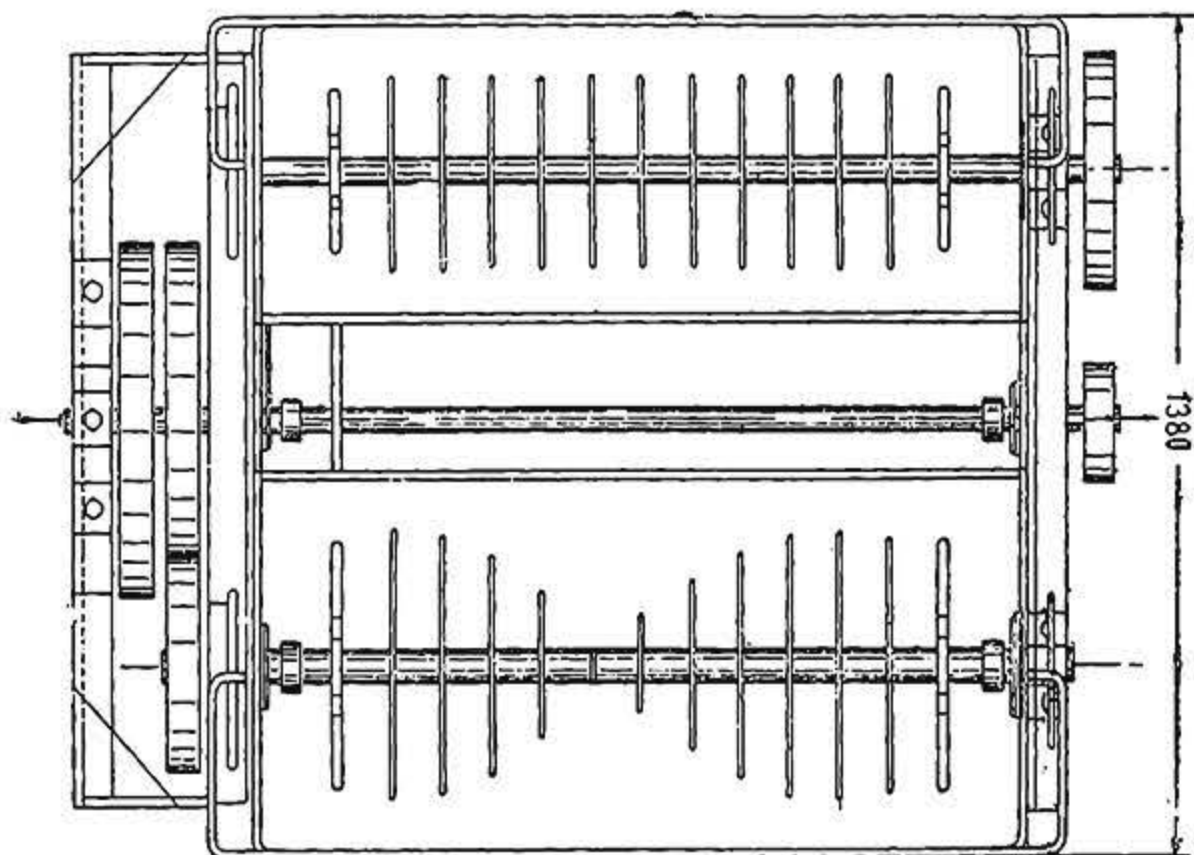
Клеевая эмульсия готовится следующим образом.

В одном баке растворяется клей (равные весовые количества клея и воды), а в другом канифоль в растворе щелочи. Когда клей и канифоль начнут распускаться, то нагрев прекращается и материалы смешиваются.

В результате получается густая студенистая масса (концентрированная эмульсия с удельным весом в 1,10—1,11). Перед приступом к работе к 1 ведру эмульсии прибавляется для ее разжижения 1 ведро теплой (25—30°) и 1 ведро холодной воды.



Фиг. 84. Пенобетоньерка сист. 4-го Госстройтреста.



Фиг. 85. Вид барабана сверху.

В одном литре разведенной эмульсии содержится таким образом примерно

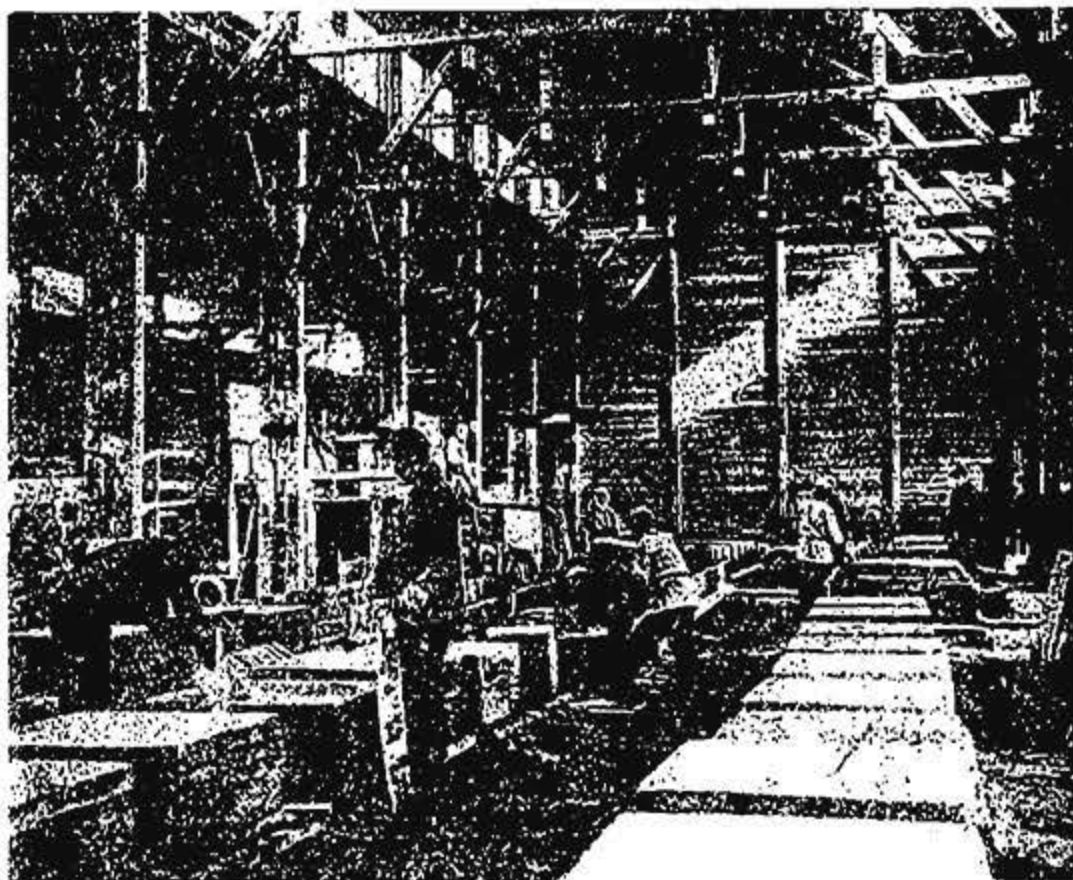
| | |
|------------|----------|
| клея . . . | 1,5 г. |
| канифоли | 1,0 " |
| щелочи | 0,2 " |
| воды | 1000,0 " |

Приготовление пены может производиться также и в барабане,

являющемся составной частью трехбарабанной пенобетоньерки (фиг. 83—84). На 1 кг эмульсии добавляется около 10—12 л воды и производится перемешивание со скоростью вращения мешального вала в 200—220 об/мин.

Процесс взбивания пены длится около 6—8 мин. Возможно уменьшить расход эмульсии путем увеличения времени перемешивания, но при этом необходимо считаться с тем, что при слишком долгом перемешивании пена может превратиться в жидкость. Наоборот при уменьшении времени перемешивания до 4 мин. пена получается крупнозернистой, и расход эмульсии повышается на 20⁰/₁₀.

Пена устойчива против оседания в течение 3—4 час., после чего начинается осадка, сначала незначительная, а через 5—6 час. резко увеличивающаяся



Фиг. 89. Распиловка пенобетонных блоков.

Экономика. Согласно предположениям ЛОГИС стоимость 1 м³ легких пенобетонных камней, предназначенных для термоизоляции, составляет около 32 руб. Это предположение подтверждается практикой 4-го Госстройтреста и 1-го Гослегпромстроя. При работе с литым пенобетоном (изоляция крыш и т. п.) стоимость 1 м³, включая укладку, равняется примерно 30 руб. (по данным 1931 г).

Капитальные вложения на строительство завода легких пенобетонных камней составляют согласно предварительной смете на постройку Ленинградского завода—18—19 руб./м³. Расход рабочей силы на 1 м³ камней равен по тем же данным—1,11 рабочего дня.

Капиталовложения в строительство небольших мастерских (производительность 15 м³ бетона в смену) составляют примерно 60 тыс. руб.

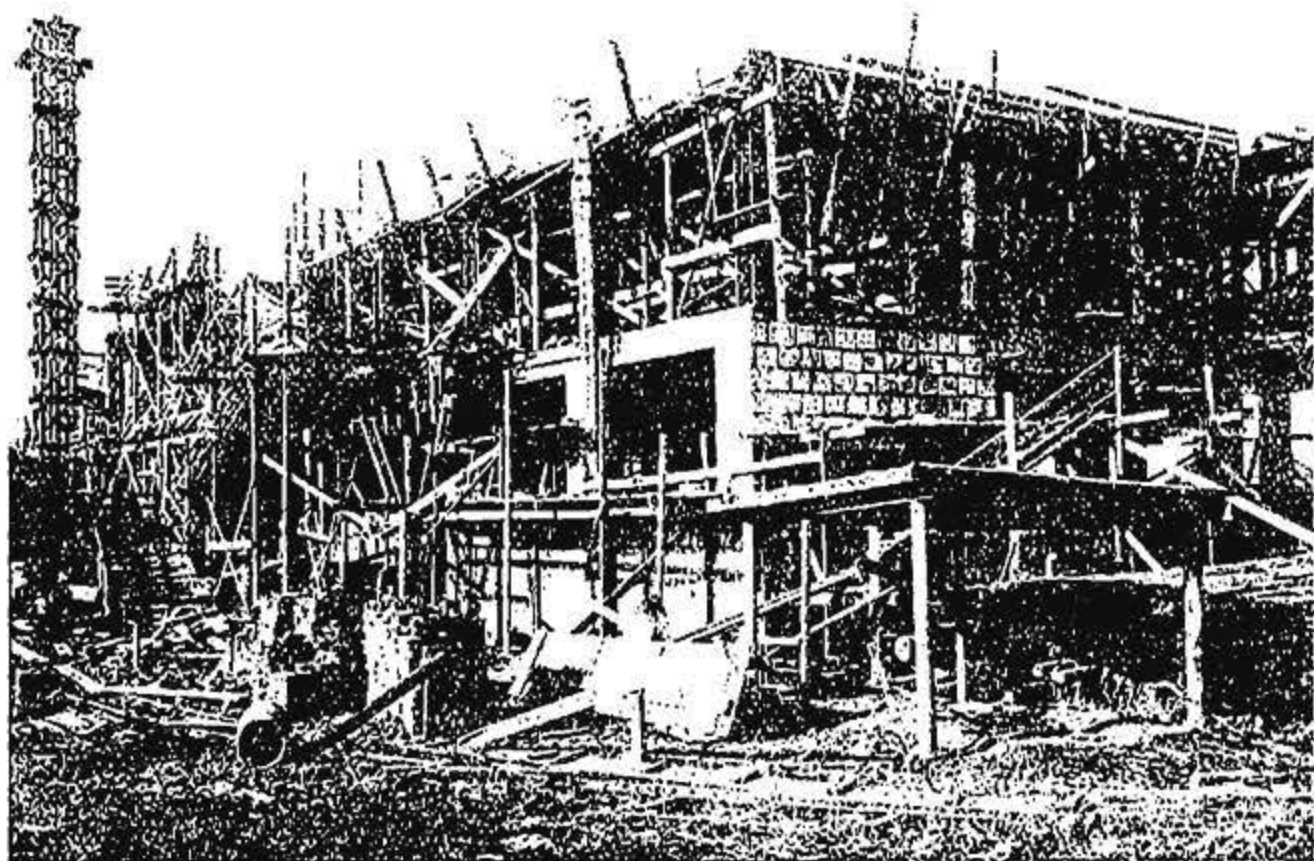
Сравнение стоимости кладки из различных материалов и пенобетонных камней было произведено инж. Гензлером, который указывает, что если сравнивать стоимость единицы теплозащиты (стоимость 1 м³, деленная на термическое сопротивление) и принять за 100 стоимость кирпичной кладки, то стоимость пенобетонной кладки (в Ленинграде) составит 101,5, шлакобетонной—85,4 и пенобетонной—51,0.

Применение. Пенобетон (газобетон) применяется для кладки несущих наружных и внутренних стен, для заполнения рамных систем многоэтажных зданий (фиг. 90), для целей термической изоляции (в частности для утепления утоненных стен и плоских кровель), для устройства междуэтажных перекрытий, для термоизоляции паропроводов и т. д.

НТБ
ДНУЖТ

Те или иные возможности применения пенобетона (газобетона) определяются его механической прочностью¹. Ориентировочное суждение о последней возможно по величине объемного веса. Считается, что для несущих конструкций объемный вес пенобетона должен быть не меньше $800-1200 \text{ кг/м}^3$, для заполнения каркасных систем — $500-600 \text{ кг/м}^3$ и для целей термической изоляции — $250-400 \text{ кг/м}^3$.

Пенобетон (газобетон) может применяться или в виде штучных изделий или в виде монолитной конструкции. В последнем случае возможно появление усадочных и осадочных трещин, в связи с чем более целесообразна кладка из отдельных камней.



Фиг. 90. Заполнение железобетонного каркаса пенобетонными блоками.

Кладка ведется на легком растворе и защищается от атмосферных влияний штукатуркой.

Перспективы развития производства. Проблема получения легкого пенобетона в условиях заводского производства в настоящий момент может считаться решенной. Перед научно-исследовательскими институтами поставлена задача заводского получения достаточно прочного пенобетона с заполнителем различной крупности.

Возможность изготовления пенобетона при помощи несложного оборудования на базе имеющихся в СССР и легко доступных материалов (клей, канифоль и др.), в сочетании с исключительными свойствами пенобетона как строительного материала, выдвигает пенобетон в число материалов, производство которых должно максимально форсироваться, в частности по линии строительных дворов.

Обстоятельством, ограничивающим надлежащее развитие производства пенобетона, является необходимость расходовать ныне дефицитный портланд-цемент. Но это не должно нас останавливать, так как с одной стороны расход цемента на 1 м^2 стены относительно невелик, а с другой — применение пенобетона особенно как материала термозоляционного и материала для заполнения каркасных конструкций, чрезвычайно выгодно для народного хозяйства.

Вторым лимитирующим обстоятельством является недостаточная воздухоустойчивость пенобетона, проявляющаяся, между прочим, преимущественно не в кладке, а при хранении

¹ Согласно Стокгольмским строительным правилам допускаемая нагрузка в несущих конструкциях не должна превышать 3 кг/см^2 . Строительные правила Прусского министерства внутренних дел допускают нагрузку в 6 кг/см^2 .

НТБ
ДНУЖТ

и шаблолах. Мероприятия по увеличению воздухоустойчивости пенобетона пока еще не проведены.

НЕРАЗМЫВАЕМЫЕ ГЛИНЯНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Сырцовые глины употребляются в строительстве как исходное сырье для изготовления саманного и сырцового кирпича, для глинолитных и глинобитных строений и т. д., т. е. преимущественно для строительства жилищ сельскохозяйственного назначения. Бурное развертывание совхозного и колхозного строительства, равно как и поселкового строительства при крупных промышленных центрах, в значительной степени увеличило потребность в сырцовых глинах и изделиях из них. Но вследствие ряда дефектов присущих сырцовым глинам (медленное высыхание, размываемость, зависимость строительства от атмосферных условий и т. д.), этот спрос не мог быть удовлетворен в должной мере, и сырцовые глины не получили того распространения в строительстве, каковое требуется с народнохозяйственной точки зрения. Наиболее существенными дефектами сырцовых глин является их медленная сушка и малая водоустойчивость.

Вопросом улучшения (мелиорации) глин занимался ряд исследователей, пришедших к определенным положительным выводам.

Так например проф. Б. С. Швецов показал (1924), что если некоторые сорта глины обрабатывать 2%-ным раствором серной кислоты, то получается продукт (названный им керамолитом), не размываемый в воде и обладающий большей механической прочностью, чем сырцовая глина. При введении в керамолитную массу различных волокнистых материалов механическая прочность керамолита повышается (керамофазерит).

Оба названных продукта не получили применения в строительстве как потому, что не все глины после обработки серной кислотой становятся неразмываемыми (например глины, содержащие углекислую известь), так и вследствие сложности работ с серной кислотой (возможность ожогов).

Проф. П. П. Будников (1928), изучая добавку к глинам некоторых средних и кислых солей, щелочей и кислот, установил, что при введении извести в количестве 5—6% по весу глин, последние становятся неразмываемыми. Этот метод проработки глин не получил своевременно должного углубления и не вышел из стадии лабораторной проработки.

Инж. А. А. Брюшков достиг неразмываемости глин путем обработки их щелочными растворами альгины, содержащейся в водорослях „морская капуста“. Неразмываемость обуславливается образованием нерастворимого кальциевого альгината, для чего к глинам добавляется около 2—3% по весу извести-пушонки. Однако необходимость применения столь редкого продукта как морские водоросли в относительно большом количестве (2% сухих водорослей от веса глины) не позволяет рассчитывать на широкое применение данного способа и ограничивает его исключительно районами нахождения морских водорослей.

Проф. Штауб показал возможность достичь водостойкость глин, путем обработки их растворами сернокислого железа (отходы гвоздильного производства), совместно с нефтяными битумами.

В 1930 г. лабораторией фибритных материалов и конструкций ВИС (В. П. Некрасов и М. И. Хигерович) были предложены промышленные методы получения неразмываемых глин путем обработки их известью (так называемые кальцинированные глины)¹ или различными битумами (так называемые импрегнированные глины).

¹ Термин „кальцинированные“ глины является случайным и не соответствующим процессам, совершающимся в глинах при обработке их известью.

Глинокальцинированные блоки.

Определение. Глинокальцинированными блоками называются изделия из глины, подвергнутых предварительной обработке известью. Блоки могут изготавливаться при введении легких заполнителей или без таковых.

Целью предварительной химической обработки является придание блокам свойств водостойкости и относительно быстрой сушки на воздухе.

Введение заполнителя в глино-известковую смесь, имеющее целью уменьшить объемный вес изделий и тем улучшить их термоизоляционные свойства, одновременно обуславливает снижение прочности и уменьшение водостойкости фабриката. Означенное обстоятельство должно учитываться при назначении рецептур.

Импрегнирование глин может производиться нефтяными гудронами и полугудронами, торфяной смолой, газовой смолой, кислыми гудронами (отход при очистке керосинов и смазочных масел серной кислотой) древесным дегтем и смолой, сульфитными щелоками (массовые отбросы целлюлозного производства) и т. д.

Сырье. Глина. Для изготовления глинокальцинированных блоков могут быть использованы любые местные глины различной степени пластичности; наилучшие результаты получаются при глинах тощих и умеренной пластичности (Урал Вис). При обработке тощих глин требуется большой расход извести, чем при обработке пластичных, но зато сушка блоков, изготовленных из пластичных глин, протекает медленнее, чем при тощих глинах (при интенсивной сушке возможно растрескивание блоков).

Глина перед употреблением в дело должна быть подвергнута предварительной обработке: естественной (вымораживание, выветривание) или искусственной (мятье).

Заполнители. В качестве органических заполнителей могут применяться: торф-сфагнум, опилки, солома, древесная стружка, одубина и т. д. Эти заполнители при одновременном введении в состав глины извести-пушонки оказывают разное влияние на устойчивость глин в воде. Наилучшие результаты получаются при применении соломы, древесной стружки и одубины (отходы кожевенного производства). Наихудшие — при использовании сфагнума. Длинноволокнистые заполнители (солому, сфагнум) необходимо измельчать: солома должна быть иссечена на куски длиной в 5—8 см, а сфагнум должен быть распушен или на волк-машине или путем легкого растирания его на грохоте с ячейками в 25—50 мм.

Возможно также введение в состав массы не только органических, но и минеральных заполнителей (шлак, зола и т. д.).

Сущность химического процесса. По П. П. Будникову¹ получение неразмываемых глин путем обработки известью объясняется следующим: щелочь, добавляемая к глине, благоприятно действует на пластичность глиняной массы. При увеличении щелочи сверх некоторого оптимального количества происходит затвердение массы, при дальнейшем увеличении — вновь разжижение. Затвердение массы объясняется коагулирующим действием избытка щелочи на коллоиды, содержащиеся в глине. В глинах всегда присутствуют продукты гниения, так называемые „гумусовые вещества“, защищающие в коллоидальном состоянии минеральную часть глины и склеивающие ее в неподвижную, но разрушающуюся водой массу. От прибавления щелочей слой защитного коллоида измельчается, и мало-помалу масса приобретает все большую подвижность (увеличение текучести). С повышением количества щелочи защитный коллоид разрушается (коагуляция) и масса после затвердения приобретает свойство водостойкости.

Дозировка. При назначении той или иной дозировки смеси важнее всего определить количество вводимой извести и количество добавляемого заполнителя.

¹ „Строительная промышленность“ № 11—12 за 1928 г. ст. П. П. Будникова, Глинисто-известковый кирпич.

Количество извести зависит от свойств глин, от качества самой извести и необходимого минимума водоустойчивости и может колебаться в относительно больших пределах. В условиях тщательного лабораторного смешения достаточно добавление 5—10% извести-пушонки по весу глины (при отсутствии отошителя); при заводском изготовлении блоков в зависимости от принятого способа смешения извести с глиной и количества заполнителя (см. дальше) процент вводимой извести-пушонки колеблется от 10 до 25, но всегда должен быть устанавливаем в каждом отдельном случае опытным путем. Необходимо стремиться к наименьшей добавке извести, с одной стороны, в целях удешевления продукта и сокращения расхода извести как дефицитного материала, а с другой — для повышения механической прочности, так как свободный гидрат окиси кальция не является фактором, ведущим к повышению прочности. В частности, при намокании камней возможно вымывание гидрата окиси кальция.

При назначении дозы извести нужно учитывать влияние заполнителя, который абсорбирует некоторое количество извести и тем самым уменьшает возможность непосредственного влияния извести на глину.

Работы физико-химической лаборатории ВИС показали, что весьма полезна добавка диатомитов, значительно повышающих водоустойчивость и прочность кальцинированных глин.

Что касается зависимости между объемным весом и количеством заполнителя, то по данным ВИС для получения изделий с объемным весом в 1200—1300 кг/м³ требуется добавлять от 1 до 1,5 объемных частей волокна на 1 объем глины.

При импрегнировании глин, добавка битумов составляет от 5—7 (газогенераторная смола) до 25% (кислые гудроны), при уменьшении расхода извести до 2—3% по весу сухой глины.

При работе с сульфитными щелоками, глина и заполнитель замачиваются в растворе щелока (6° по Боме).

Количество добавляемой воды во всех случаях должно быть таково, чтобы масса была удобообрабатываема и допускала бы трамбование в выжимных формах (при изготовлении трамбованных камней). Ориентировочно его можно принять в 40—50% по весу смеси. При изготовлении литых камней количество воды значительно увеличивается.

Производство блоков. Производство глинокальцинированных блоков распадается на следующие четыре операции: приготовление глино-известкового теста, смешение глино-известкового теста с заполнителем, формование блоков и их выдержку (сушку).

а) Приготовление глино-известкового теста может происходить двояко: или путем гашения извести в присутствии глины или путем смешения глиняного теста с предварительно загашенной известью (с технологической точки зрения второй способ более удобен). При работе по первому способу глина разбрасывается на площадке слоями в 15—20 см, пересыпается нужным количеством извести-кипелки, перелопачивается и забрасывается в гасильный ящик. Масса заливается водой до получения консистенции крутого теста. По окончании первоначального периода гашения извести (через 5—6 час.), известково-глиняная масса разбавляется водой до консистенции сметаны и затем возможно чаще перемешивается веселками. При среднегасящейся извести известково-глиняная масса через 2 суток спускается через сито с отверстиями в 5—6 мм в творило. Последнее представляет собой яму произвольных размеров, обшитую досками. Процесс выдерживания в твориле длится в зависимости от качества извести, частоты перемешивания и т. д. от 3 до 5 суток.

При работе по второму способу, каковой является лучшим, смешение производится путем увлажнения глиняной массы известковым молоком. При ручной работе глина переминается на бойке лопатами при смачивании известковым молоком. Если же имеется глиномялка (что, нужно сказать,

является одним из неперемных условий достижения максимально возможной прочности), то глина увлажняется не водой, а известковым молоком, и из глиномялки выбрасывается готовая глино-известковая масса. При большом размере производства более целесообразно применение корытных глиномешалок типа „Красный Октябрь“ (фиг. 30).

б) Смешение с заполнителем. Смешение с заполнителем может быть ручное или механизированное. В обоих случаях глино-известковая масса должна быть достаточно жидкой (консистенция сметаны), чтобы она могла хорошо смешаться с заполнителем. Такое жидкое разведение массы не обуславливает обязательного изготовления в последующем только литых камней, так как при смешивании с заполнителем последний впитывает в себя значительное количество влаги, и смесь получается достаточно крутая.

При ручной работе заполнитель выкладывается на боек, покрывается глино-известковой смесью и тщательно гарцуется до получения вполне однородной массы. При механизированном производстве смешение заполнителя с глиняным тестом целесообразно производить также в корытных мешалках.

В случае изготовления глиноимпрегнированных блоков, органический заполнитель предварительно смешивается с битумом. Смешение может производиться на холоду, без подогрева массы.

в) Формование. Формование камней может происходить в разъемных формах (литые камни) или в станковых формах (трамбованные камни). Разъемные бездонные деревянные формы располагаются непосредственно на земле и заполняются приготовленной массой при ее штыковании, особенно в углах. Внутренняя сторона форм должна быть гладкой и должна быть смазана каким-либо минеральным маслом, чтобы масса не прилипала к стенкам. Блоки выдерживаются в формах в течение 1—2 суток, а затем на подкладках еще 2—4 дня. Достаточно окрепшие камни убираются в козлы, а затем в штабели.

Изготовление литых камней нельзя признать целесообразным как вследствие большой потребности в формах и длительности просушки камней, так и вследствие малой механической прочности, присущей литым камням. Поэтому лучше готовить камни путем набивки в станковых формах или станках (см. „Легкобетонные камни“). Трамбованные камни возможно снимать с подкладок через 1—2 дня после их изготовления и через 7—8 дней складывать в козлы и в штабели.

Выход трамбованной массы составляет 45—55% от суммы объемов сухих компонентов.

При изготовлении как в разъемных, так и в станковых формах необходимо учитывать усадку блоков при сушке и соответственно увеличивать размеры форм. Размер же усадки различен при различных глинах.

г) Сушка. Общая продолжительность выдерживания блоков составляет в зависимости от климатических условий, условий проветривания и т. д. от 12 до 20 дней. В ряде районов возможна сушка на открытых полянках (только при введении в массу органического заполнителя, так как при отсутствии такового масса растрескивается при сушке). При необходимости сушки под навесом, желательно устройство стелажных сараев.

Искусственная сушка камней сокращает процесс до 2—3 суток, при одновременном значительном повышении прочности. Оптимальная температура сушки составляет 80—90°. При изготовлении камней с заполнителем возможно не опасаться растрескивания изделий. Тем не менее желательно предварительное провяливание сырца в течение 2—3 дней.

Свойства. Объемный вес. Объемный вес глинокальцинированных блоков колеблется в пределах 1000—1300 кг/м³ в зависимости от количества вводимого заполнителя (обратная зависимость), количества добав-

лиемой воды (обратная зависимость, так как при увеличении количества добавляемой воды увеличивается за счет повышенного испарения пористость материала), количества введенной извести (обратная зависимость) и т. д. Обратная зависимость между объемным весом и количеством добавленной извести объясняется по М. И. Хигеровичу тем, что известь загущает глиняное тесто, и для получения одной и той же плотности потребуется добавить большее количество воды.

Объемный вес глинокальцинированных блоков без заполнителей составляет 1600—1700 кг/м³.

Механические свойства. Прочность блоков значительно ниже прочности сырцовых глин, что объясняется введением заполнителя и обработкой известью. Временное сопротивление сжатию через 60 дней по изготовлении слабоуплотненных кубиков с заполнителем составляет от 2,5 до 10,0 кг/см². Максимальные значения относятся к блокам с большим объемным весом. При введении в качестве заполнителя одубины прочность несколько повышается.

Временное сопротивление сжатию глинокальцинированных блоков без заполнителя составляет около 25 кг/см².

Прочность глиноимпрегнированных блоков с органическим заполнителем несколько выше и в среднем составляет 15—20 кг/см². Лучшие результаты получаются при употреблении кислых гудронов.

При намокании глин прочность их значительно снижается; потеря в прочности доходит при этом до 40—65% от первоначальной. Это может быть объяснено разбуханием частиц глины, не вступивших во взаимодействие с глиной, и обусловленным этим нарушением связи между отдельными частицами.

Водоустойчивость. Глины, обработанные надлежащим количеством извести (см. „Дозировка“), являются практически неразмываемыми. Чем позже начинается действие воды с момента изготовления блоков, тем меньше опасность их размывания. Минимум водоустойчивости, обязательный при применении глин в качестве стенового материала, пока еще не установлен, что является одной из основных причин, затрудняющих решение вопроса о проектировании состава смеси.

Водонасыщение. Водонасыщение кальцинированных глин с органическим заполнителем достигает 40% по весу сухого изделия. Величина водонасыщения зависит от ряда факторов: от объемного веса, количества добавленной воды, количества введенной в глину извести и т. д. Водонасыщение тем больше, чем больше добавлено в массу воды и извести и тем меньше, чем больше объемный вес изделия. Водонасыщение растет с течением времени действия воды, но у некоторых глин достигает максимума уже через 1½—2 часа (изделия с малым объемным весом).

Водонасыщение импрегнированных глин несколько меньше, чем у глин, обработанных одной известью и, в основном, зависит от тех же факторов.

Морозостойкость. Не все глины обладают равной и достаточной степенью морозостойкости. При введении органического заполнителя наблюдается повышение морозостойкости, вследствие увеличения упругих свойств массы.

Размеры блоков. Размеры глиняных блоков могут быть те же, что и легкобетонных камней, и определяются их объемным весом и климатической зоной применения. При объемном весе в 1150—1250 кг/м³ камни во 2-м климатическом поясе должны изготавливаться размером: 38 × 18,5 × 21,5 см.

Экономика. Стоимость глино-известковых блоков зависит от дальности возки глины и органических заполнителей к месту изготовления блоков. Себестоимость 1 м³ блоков колебалась в связи с этим в 1932 г. от 13 до 20 руб. Особым преимуществом глинокальцинированных камней по сравнению с глинобитным и глинолитным строительством является значительное сокращение потребности в лесном материале.

Применение. Глинокальцинированные блоки с заполнителями могут применяться для кладки одноэтажных несущих стен и для заполнения каркасных систем любой этажности в тех районах, где по климатическим условиям возведение сооружений из необработанных сырцовых глин является нежелательным. Равным образом они пригодны для устройства внутренних перегородок и т. д. Блоки без заполнителя возможно применять для кладки стен двухэтажных зданий. Кладка ведется на известково-глиняном растворе и штукатурится известково-глиняной массой. Толщина стен определяется объемным весом блоков и назначением зданий (жилое или нежилое).

При применении блоков для несущих конструкций обязательна защита их штукатуркой, а в случае возможности, покрытие растворами водоуплотняющих веществ.

Перспективы развития производства. Глинокальцинированные блоки являются материалом, могущим быть использованным не только для нужд совхозного и колхозного строительства, но и в значительной степени для поселкового строительства в крупных промышленных центрах, для дачного строительства и т. д. Распространенность местного сырья (глины) и возможность использования широкого ассортимента органических наполнителей, наряду с несложностью технологических процессов, несложностью потребного оборудования и незначительными капиталовложениями на строительство производственных предприятий, предопределяют масштабы производства названных блоков во всех случаях соответствия их механических свойств предъявляемым требованиям.

ГЛАВА IV

ТЕРМОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К термоизоляционным материалам относятся: фибролит, камышит, соломит, морозин, торфофанера, торфяные плиты и т. д. Термоизоляционные материалы отличаются от стеновых тем, что последние в зависимости от их прочности могут быть и конструктивным материалом и материалом заполнения, в то время как термоизоляционные материалы, как правило, вовсе не могут воспринимать никаких нагрузок.

Термоизоляционные материалы, производимые в СССР, возможно подразделить по виду технологического процесса на три группы: а) материалы, для изготовления которых применяются вяжущие вещества (фибролиты), б) материалы, изготовленные путем механической обработки того или другого сырья (камышит, соломит, шевелин, торфяная засыпка, торфофанера), и в) материалы, подвергающиеся химической, термической или же комбинированной обработке (торфяные плиты, строморганики, в частности инсорит и морозин). Если же классифицировать материалы по виду исходного сырья, то они также распадаются на три группы: а) материалы, для изготовления которых применяются древесные отходы и древесная шерсть (фибролит); б) материалы, для изготовления которых применяются различные виды растительных отходов (камышит, соломит, шевелин, морозин, строморганики), и в) материалы на основе строительного торфа (торфяная засыпка, торфофанера, торфяные плиты).

В дальнейшем изложении принята классификация по виду сырья.

Весьма рентабельные перспективы развития производства и применения имеют термоизоляционные материалы, относящиеся к группе „строморгаников“ (проработка В. А. Розова). Под „строморганиками“ понимаются строительные материалы, получаемые путем размятия органического сырья до состояния эластичных и клейких волокон и прессования их при одновременной термической обработке. Последняя заключается в сушке материала при высокой температуре с доведением до сухой перегонки. Выделяющиеся при сухой перегонке вещества цементируют массу строморганика. В зависимости от степени подготовки массы (пушение, разрыхление) и степени формовочного давления, строморганики могут быть конструктивным или термоизоляционным материалом. Строморганики возможно вырабатывать в виде плит различного размера и различной толщины и в виде отдельных конструктивных деталей (оконные переплеты, двери и т. д.).

Технологические процессы производства строморгаников на настоящий момент еще недостаточно выявлены и уточнены. Равным образом еще недостаточно полно исследованы их физико-химические свойства. В связи с этим, в настоящем курсе они не будут описаны (исключение морозин).

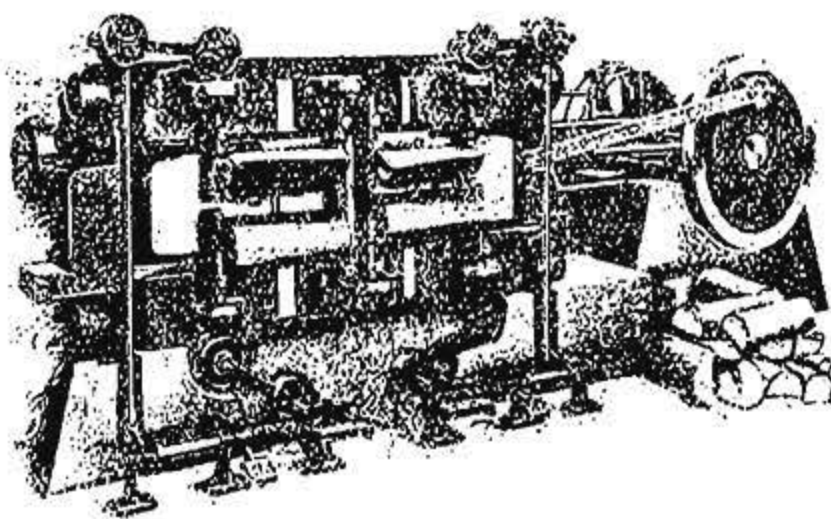
Начнем наше описание с первой группы термоизоляционных материалов, т. е. фибролита.

ФИБРОЛИТОВЫЕ ПЛИТЫ

Определение. Фибролитовыми плитами называются прессованные плиты из длиноволокнистых материалов, связанных каким-либо вяжущим веществом, способным отвердевать в камневидное тело.

Фибролитовые плиты могут изготавливаться на основе магнезиального цемента, известково-диатомового вяжущего вещества, ангидритового цемента и т. п. За границей (Германия, Австрия, Латвия и т. д.), где фибролитовые плиты имеют весьма большое распространение (под названием „гераклит“, „тектон“, „фонитрам“), они изготавливаются исключительно на основе магнезиального цемента. Более подробно о вяжущих веществах будет сказано ниже, при описании отдельных видов фибролита. Предварительно же необходимо сказать несколько слов об органических заполнителях, составляющих существенную составную часть всех видов фибролита.

Наполнители. В качестве длиноволокнистых органических наполнителей для изготовления различных видов фибролита применяются: древесная стружка и древесная шерсть, стебли злачных растений, костра кенафа и т. п.



Фиг. 91. Древошерстный станок

Под древесной стружкой понимаются отходы от строгальных станков. Стружка желательна наиболее крупных размеров (допустима осиновая стружка, нежелательна березовая). Древесная шерсть представляет собой длинную тонкую стружку установленных размеров, изготавливаемую путем остругивки дров на древошерстных стан-

ках. Согласно ОСТ 3614 древесная шерсть изготавливается преимущественно из хвойных и мягколиственных пород, древесина которых должна иметь цвет, запах и качество здорового леса. Стандартная шерсть должна иметь форму одинаково узких лент, не ломких и не скрученных в спираль, при длине от 400 мм и больше¹. Стружка не должна быть шире 5—7 мм, так как более широкая стружка плохо смазывается раствором при перемешивании². Что касается толщины стружки, то при изготовлении фибролита применяется довольно толстая шерсть — толщиной от 0,5 до 1 мм; это потому, что, с одной стороны, при толстой стружке значительно повышается производительность станков, а с другой — тонкая стружка нежелательна, так как мягкое волокно дает пониженную прочность. Влажность стружки не должна быть выше 15—20% от веса стружки.

¹ Согласно ОСТ 3614 лент длиной 400 мм и больше должно быть не меньше 70%; длиной 400—200 мм не больше 25% и короче 250 мм не больше 5%.

² Согласно тому же ОСТ лент шириной меньше 5 мм и больше 7 мм должно быть не более 10%.

Древесная шерсть изготавливается на древошерстных станках типа Кирхнера (фиг. 91), производительностью 140—150 кг древесной шерсти в час.

Обычно для изготовления шерсти употребляется осиновая древесина, как наименее сучковатая и наиболее мягкая, но могут применяться также ель и сосна в случае небольшого количества сучков.

Из 4—5 м³ осиновых дров при влажности в 15—20% и весе в 420—450 кг/м³ получается: 1 т древесной шерсти (выход около 50%), около 100 кг дров и остальное — в виде коры, мелкого очеса и т. д. Таким образом из 1 м³ дров в среднем получается 225 кг шерсти.

Необходимо при этом отметить, что наличие небольшого количества коры, мелких обрезков, коротких волокон и т. д. допустимо и не имеет особенно большого значения при производстве фибролита.

Фибролит изготавливается или из смеси стружки с древесной шерстью или из одной древесной шерсти. Последняя, имея форму длинных древесных волокон, играет в плите роль арматуры. Равномерно распределяясь по всей массе плиты, древесная шерсть своими переплетающимися волокнами образует сетку, внутри которой располагаются мелкие стружки. Таким образом древесная шерсть сообщает фибролиту повышенное сопротивление изгибающим и растягивающим усилиям. Поэтому плиты, изготовленные из одной древесной шерсти без примеси стружки, обладают наибольшей прочностью.

Помимо этого применение стружки строгальных станков несколько увеличивает теплопроводность фибролита и затрудняет процесс его производства, замедляя сушку.

Как уже указывалось выше, для производства фибролита может быть использована также костра кенафа, имеющаяся на Сев. Кавказе, в Казакстане, Азербайджанской ССР и среднеазиатских республиках. Костра кенафа вяжется цементирующими веществами так же хорошо, как и стружка, а фибролит (называемый к о с т р о л и т о м) получается меньшего объемного веса.

Камыш должен предварительно мяться на мялках. Применение его нежелательно. Солома злачных растений является также мало пригодным материалом для производства фибролита, так как ее плотная гладкая оболочка (кутикула) плохо вяжется цементирующими веществами, и требуется ее предварительное разрушение на мяльных машинах.

Вне зависимости от того, какой волокнистый наполнитель применяется, количество взятого наполнителя имеет чрезвычайно существенное значение для свойств фабриката, а именно: чем больше при одной и той же силе прессования взято наполнителя, тем меньшим объемным весом, меньшей теплопроводностью и меньшей механической прочностью обладает фибролит и обратно с увеличением количества вяжущих веществ увеличиваются объемный вес, механическая прочность и теплопроводность фибролита.

Магнезиальный и доломитовый фибролит

Определение. Магнезиальным фибролитом называется фибролит, изготовленный на основе так называемого магнезиального цемента, иначе называемого цементом Сореля¹. Он получается при затворении каустического магнезита или каустического доломита² раствором или хлористого или сернокислого магния. При затворении чистой водой каустический магнезит не затвердевает, в чем и заключается его основное отличие от обыкновенных цементов. Цемент Сореля может быть смешан с весьма значительным

¹ По имени немецкого ученого (Sorel), открывшего этот цемент.

² При обжиге доломита ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) при температуре 700—800° происходит диссоциация углекислого магния; углекислый же кальций остается неразложившимся. Получающийся в результате обжига продукт ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$) называется каустическим доломитом.

количеством наполнителей, без изменения его прочности и внешнего вида. Магнезиальный цемент применяется помимо производства фибролита также и для приготовления магнолитовой массы (полы, плитки, ступени и т. д.) Далее дается описание сырья, необходимого для изготовления цемента Сореля, после чего будет описано приготовление самого цемента, его свойства и технологические процессы производства магнезиального фибролита.

Сырьё для магнезиального цемента.

Каустический магнезит

Определение. Каустическим магнезитом (MgO) называется продукт тонкого перемола магнезита, обожженного при температуре выше температуры диссоциации $MgCO_3$, но ниже температуры спекания, а именно при температуре $750—850^\circ$. В этом заключается основное отличие каустического магнезита от металлургического, обжигаемого при температуре спекания (не ниже $1400—1500^\circ$).

В строительстве применяется каустический магнезит двух сортов: первый сорт представляет собой продукт перемола обожженного кускового магнезита; второй сорт — содержимое пыльных камер вращающихся трубопечей после обжига магнезита на металлургический порошок. Различие в свойствах магнезита первого и второго сортов указано ниже.

Сырьё. Сырьем для производства каустического магнезита является минерал магнезит. По химическому составу магнезит представляет собой карбонат металла магния ($MgCO_3$) с теоретическим содержанием углекислоты $52,4\%$ и магнезии $47,6\%$. Действительный состав магнезита обычно не отвечает теоретическому, так как в магнезите имеется примесь кремнезема, окиси железа, окиси алюминия, кальцита и т. д. Цвет магнезита изменяется в зависимости от месторождения: от белого (Халиловское) до темножелтого — светлокорицевого (Саткинское). Он определяется количественным и качественным содержанием примесей.

Удельный вес магнезита $3,02—3,3$.

В СССР известно два крупных месторождения магнезита: Саткинское и Халиловское. Саткинское месторождение (в 22 км от Златоуста) является одним из наиболее мощных в мире месторождений магнезита: запасы магнезита ориентировочно определяются в размере 200 млн. *т*, а разведанные запасы — 70 млн. *т*.

Халиловское месторождение представляет в отношении запасов меньший интерес: количество разведанных запасов определяется всего в количестве 300 тыс. *т*.

Магнезиты Саткинского и Халиловского месторождений отличаются друг от друга по своему химическому составу: халиловский магнезит имеет пониженное содержание окиси магния (85% против 90% у саткинского магнезита) и повышенное содержание окиси кальция (5% против 3% , считая в обоих случаях на прокаленное до постоянного веса вещество).

Производство каустического магнезита. Производство каустического магнезита распадается на следующие стадии: предварительное дробление, обжиг и помол обожженного продукта с последующей упаковкой.

Обжиг является основной операцией, обуславливающей в наибольшей степени физико-химические свойства магнезита. Он может производиться в шахтных, камерных печах, вращающихся трубопечах и в тарельчатых печах системы Грузонверк Круппа. Чрезвычайно важно соблюдение надлежащей температуры обжига, так как при высоких температурах окись магния теряет способность гидратации. Активные свойства магнезита тем выше, чем ниже температура обжига (см. дальше „Удельный вес“).

Теоретический эквивалент выхода обожженного каустического магнезита из сырого магнезита равен 52% . Обычно выход меньше за счет получения недожога и пережога.

Признаком правильности обжига служит цвет, а именно: правильно обожженный каустический магнезит (Сатка) — светложелтого цвета с розоватым отливом, недожженный — с сероватым отливом и пережженный — с коричневатым отливом.

Размол. После обжига магнезит поступает в размол, производимый на шаровых мельницах (Сатка) или жерновых поставках (Оренбург). При помолу на жерновах, зерна магнезита имеют неоднородную величину и недостаточно мелки.

Упаковка магнезита происходит путем впрессовывания каустического порошка в боченок. Благодаря применению давления не только увеличивается вместимость тары, но и удаляется воздух из боченка, что препятствует гидратации активной магнезии $MgO + H_2O$ (воздуха) = $Mg(OH)_2$ и превращению ее в необладающий цементующими свойствами продукт.

Допускается упаковка: в запаянных металлических барабанах, в металлических барабанах с плотно пригнанными, просмоленными и прошпаклеванными в соединениях днищами и в бумажной таре.

Преимущественно встречается упаковка в барабанах с деревянными днищами, выстланными изнутри плотной бумагой.

Свойства магнезита. Оценка каустического магнезита должна производиться на основе данных, характеризующих основные свойства магнезита: его удельного веса, потери при прокаливании, тонкости помола, химического состава, механической прочности и т. д.

Удельный вес. Удельный вес каустического магнезита зависит от степени обжига. Магнезит, обожженный до удельного веса 3,2—3,4¹, является продуктом, обеспечивающим нормальное течение процесса схватывания магнезиального цемента и его достаточную механическую прочность.

При недожоге магнезита удельный вес снижается (менее 3,2), и в случае применения такого магнезита процесс схватывания магнезиального цемента ускоряется, а механическая прочность его уменьшается.

Удельный вес выше 3,4 свидетельствует о пережоге магнезита, что обуславливает замедление процесса схватывания и опять-таки уменьшение прочности магнезиального цемента.

Каустический магнезит второго сорта имеет повышенный удельный вес.

Потеря при прокаливании. Потеря при прокаливании характеризует полноту удаления углекислоты при обжиге. Чем обжиг совершеннее, т. е. чем больше удалилось углекислого газа, тем меньше потеря при прокаливании. Помимо этого потеря при прокаливании увеличивается в результате плохого хранения магнезита, за счет поглощения последним влаги из воздуха. Максимальная потеря при прокаливании не должна превышать 8⁰/₀.

Тонкость помола. Качество помола магнезита имеет весьма серьезное значение. При грубом помоле магнезита неизбежно замедление схватывания цемента и понижение его механической прочности. В связи с этим остаток на сите с 900 *отв/см²* не должен превышать 5⁰/₀, а при просеивании через сито с 4900 *отв/см²* — 25⁰/₀. Следует заметить, что халиловский магнезит, помол которого до последнего времени производится на жерновых поставках, не удовлетворяет вышеприведенным требованиям, что значительно снижает его ценность как строительного материала.

Магнезит второго сорта имеет помол неоднородной тонины.

Химический состав. Химический анализ магнезита позволяет вполне оценить его качества. Как уже указывалось выше, в каустическом магнезите помимо окиси магния могут быть кремнекислота, окись железа, окись кальция и т. д. Первые две примеси не отражаются на качестве магнезита и имеют значение лишь постольку, поскольку они уменьшают общее содержание окиси магния. Окись кальция (CaO) значительно ухудшает качество магнезита (результат повышения температуры обжига), и ее содержание не должно превышать в первом сорте 2,5% и во втором — 4,5⁰/₀. Для образца приводим анализ Саткинского магнезита.

Таблица 52

| | Влага гигроскопическая | Потеря при прокаливании | Химический анализ | | | | |
|-----------|------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|
| | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO |
| Проба № 1 | — | 4,07 | 1,45 | 2,02 | — | 0,82 | 89,94 |
| " № 2 | — | 4,09 | 1,12 | 3,20 | — | 0,75 | 90,17 |
| " № 3 | 0,96 | 6,66 | 1,82 | 0,53 | 2,17 | 0,84 | 88,01 |

¹ Согласно ОСТ 3035.

НТБ
ДНУЖТ

С точки зрения химического состава наиболее важно-процентное содержание в магнезите так называемой активной окиси магния.

Под „активной“ окисью магния следует понимать свободную окись магния, не соединенную ни с водой, ни с углекислотой, ибо только такая окись магния обладает способностью отвердевать в присутствии раствора хлористого магния или иных солей.

Содержание „активной“ окиси магния не должно быть менее 83%.

Для удобства вычисления процентного содержания активной магнезии можно пользоваться формулой:

$$K = \frac{A}{100} \left[\text{MgO} - \text{H}_2\text{O} \cdot 2,2400 + (\text{CO}_2 - \text{CaO} \cdot 0,7847) \cdot 0,9164 \right] 1,$$

где K — количество активной магнезии,

A — весовое количество взятого магнезита,

MgO — содержание окиси магния в процентах (согласно анализа),

H_2O — „ влаги в процентах „ „

CO_2 — „ углекислоты в процентах „ „

CaO — „ извести в процентах „

причем процентное содержание MgO и CaO пересчитывается на высушенное при 105° вещество.

Цифровые обозначения в формуле являются коэффициентами, причем

2,2400 — коэффициент, показывающий, что 1 вес. ч. H_2O связывает 2,2400 вес. ч. MgO

0,7847 — „ „ „ CaO связывает 0,7847 вес. ч. CO_2

0,9164 — „ „ „ CO_2 связывает 0,9164 вес. ч. MgO .

Объемный вес. Объемный вес рыхло насыпанного магнезита составляет 800—900 кг/м^3 .

Равномерность изменения объема. Неравномерное изменение объема свидетельствует о неоднородности обжига магнезита. В этом случае магнезит представляет собой смесь медленно и быстро твердеющих продуктов, и поэтому при работе с таким магнезитом твердение медленно твердеющих частиц (с повышенным удельным весом) будет запаздывать. В результате неравномерного твердения цемент будет растрескиваться.

Механические свойства. Для испытания механических свойств магнезита готовится тесто нормальной густоты (30—36 делений по Тетмайеру) из смеси магнезита с опилками (3:1 по весу), затворенной раствором хлористого магния 22° Боме.

Временное сопротивление раствора растяжению через одни сутки должно быть не менее 10 кг/см^2 , через 7 суток — не менее 20 кг/см^2 и через 28 дней — не менее 35 кг/см^2 .

Хранение. Окись магния обладает свойством весьма жадно соединяться с водой; совершенно предохранить ее от влияния воздушной влаги невозможно, поэтому при приготовлении и укупорке магнезита неизбежно образование на зернах магнезита тончайшей оболочки $\text{Mg}(\text{OH})_2$, препятствующей химической реакции при затворении магнезита. Во избежание большей гидратации магнезита необходимо наблюдать за тем, чтобы при хранении (равно как и транспортировании) магнезита последний не входил бы в непосредственное соприкосновение с воздухом. В противном случае последует понижение активности MgO , и магнезит будет пригоден для работ лишь после его повторного прокаливания.

¹ Ц. В. Лапшин, Магнолитовые полы, ГНТИ, М.-Л. 1931, стр. 57.

НТБ
ДНУЖТ

Хлористый магний (технический)

Определение. Хлористый магний (технический) представляет собой магниезальную соль хлористо-водородной кислоты с шестью частицами воды ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), содержащую небольшое количество четырехводного кристаллогидрата. Хлористый магний применяется в промышленности строительных материалов в качестве затворителя каустического магнезита (MgO) при приготовлении магниезального цемента (цемент Сореля). Ввиду сильной гигроскопичности хлористого магния он должен быть укупорен в железные барабаны, предохраняющие солевую массу от поглощения влаги и вытекания раствора (по 300 кг в барабане).

Свойства. Внешний вид. Хлористый магний получается на производстве в виде кристаллизованной камневидной массы различного цвета: от бесцветного и светложелтого до буроватого. Темная окраска хлористого магния объясняется присутствием солей железа. Хлористый магний должен легко растворяться в теплой воде, давая нерастворимый остаток в количестве не выше 0,5%.

Химический состав. Содержание хлористого магния ($MgCl_2$) не должно быть менее 45% ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$ не менее 96%). Содержание хлористых солей кальция, натрия и калия не должно превышать 2,5% и сернокислых солей кальция и магния — 2% (содержание хлористых и сернокислых солей кальция, натрия, магния и калия и нерастворимого остатка не должно превышать 4%). Наиболее опасной примесью является хлористый кальций ($CaCl_2$), с одной стороны вызывающий растрескивание магниезальных цементов, а с другой — обуславливающий повышенную гигроскопичность материала. Столь же опасна примесь соляной кислоты в свободном виде.

Добыча хлористого магния. Типы месторождений хлористого магния весьма разнообразны, но могут быть сведены в три основные группы: а) моря, океаны и океанические (морские) озера; б) озера, потерявшие связь с морем, в) твердые (сухие) отложения.

Морская вода содержит довольно много хлористого магния, но в воде океанических (морских) озер концентрация соли значительно выше, поэтому добыча хлористого магния обычно производится из таких озер.

Океанические и морские озера — это водоемы, сохраняющие связь с морем только через пересыпь, не препятствующую сообщению озера с морем (океаном) или через песок.

В озерах, потерявших связь с морем, например (Перекопское), концентрация хлористого магния еще выше, чем в морских озерах, но добыча его затруднена вследствие значительной засоренности рапы.

Твердые (сухие) отложения хлористого магния имеются в районе Соликамских калийных месторождений, где добыча хлористого магния происходит попутно с добычей калийных солей.

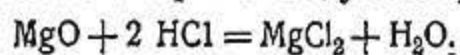
Добыча хлормагния поставлена в СССР на Сакском и Одесском морских озерах, преимущественно на Сакском.

Процесс получения хлористого магния из озер весьма несложен и сводится к следующему.

Рапа озера имеет крепость всего 8—9° Боме, в то время как для заводской выпарки необходима крепость в 30—35°; поэтому производится перекачка рапы сперва в запасные бассейны, где крепость путем выпаривания повышается до 12—13° Боме, а затем в садочные бассейны (небольшие пространства земли, засаженные мхом и огражденные валами). Вода из садочных бассейнов энергично испаряется (период май—июль) с одновременным осаждением загрязненной поваренной соли. Содержание хлормагния в рапе достигает при этом 15%; из садочных бассейнов происходит перекачка в заводские бассейны, где на следующий год концентрация хлормагния достигает 29—30%.

Из заводских бассейнов вода поступает через заводские баки в подогреваемые выпарительные котлы. При постепенном испарении воды происходит осаждение различных посторонних солей, а при повышении температуры до 160° остается один хлормагний. После охлаждения массы до 120—125° (через 10—12 час.) хлористый магний разливается в железные барабаны. При дальнейшем охлаждении (112—113°) хлормагний кристаллизуется в виде камнеобразной массы.

В случае отсутствия кристаллического хлористого магния естественного происхождения его можно получить путем нейтрализации соляной кислоты каустическим магнезитом. Химический процесс в этом случае можно изобразить следующей формулой:



Реакция проходит с выделением большого количества тепла, вызывающим кипение раствора и усиленное парообразование, причем концентрация раствора повышается до 30—33° Боме. Приготовление раствора хлористого магния идет следующим образом: в рабочие чаны (чаны должны обладать достаточной прочностью и кислотоупорностью, так как в противном случае возможно их растрескивание и вытекание раствора) вливается соляная кислота и постепенно издается окись магния до тех пор, пока не прекратится шипение. Для получения 1 кг $MgCl_2$ (33° Боме) расходуется 1 кг соляной кислоты (18° Боме) и 0,2 кг каустического магнезита. При разбавлении соляной кислоты водой парообразование проходит менее интенсивно и получается больший выход хлормагния (крепостью в 22—23° Боме). Жидкий хлормагний разливается по стеклянным бутылкам.

Преимущество этого способа заключается в том, что хлормагний сразу получается в виде раствора, так что при производстве дальнейших работ с ним не нужно тратить времени для его растворения, как это имеет место при плавленом хлормагнии. Однако серьезными недостатками этого метода являются: затрата дефицитного сырья (каустического магнезита и соляной кислоты) и возможность присутствия в растворе хлормагния некоторого количества свободной соляной кислоты, что отражается на здоровье рабочих, кроме того понижая прочность бетонных оснований (при производстве кислотостойких работ).

Приготовление рабочего раствора хлористого магния. Перед употреблением в дело хлормагний разбивается при помощи кувалды и зубила на куски размером до 15 см в поперечнике. Полученные куски забрасываются в бочки, стоящие на возвышенной площадке, и заливаются водой без определенной пропорции. После растворения хлормагния, что происходит в течение суток, раствор спускается в нижестоящие бочки, где и разбавляется водой до нужной плотности. При этом муть и грязь, весьма вредно отражающиеся на прочностях магнезиального цемента, отстаиваются в верхней бочке. Определение плотности производится при помощи ареометра.

Для подсчета количественного выхода раствора из плавленого или жидкого хлормагния и для определения потребного количества воды при приготовлении раствора той или иной концентрации разработаны нижеприводимые таблицы 53 и 54 (инж. П. В. Лапшиным и инж. В. А. Розовым).

Как пользоваться таблицами, видно из следующего примера: пусть имеется 100 л раствора в 25° Боме и требуется определить выход из него раствора в 18°. Из второй таблицы находим, что из 1 л раствора в 25° Боме получается 1,508 л раствора в 18° Боме, а из 100 л будем иметь 150,8 л. Воды надо добавить $150,8 л - 100 л = 50,8 л$.

Раствор хлористого магния обычно готовится впрок при концентрации в 30—35° Боме; последующее разжижение происходит по мере употребления раствора.

Сернокислый магний (технический)

Вместо хлористого магния при изготовлении цемента Сореля может быть применен сернокислый магний, который даже удобнее в том отношении, что он гораздо менее гигроскопичен, чем хлористый. Вследствие меньшей гигроскопичности он содействует сохранению сухости изделий.

Определение. Сернокислый магний (технический) представляет собой магнезиальную соль серной кислоты с семью частицами воды ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$). Сернокислый магний может применяться в качестве растворителя каустического магнезита при изготовлении непластичных масс, в частности при производстве фибролита.

В сернокислом магнии среднего качества содержание чистого сернокислого магния ($MgSO_4$) должно быть около 44,6% (в перерасчете на $MgCO_3 \cdot 7H_2O$ — 88—91%), воды — 50,8%, нерастворимых остатков — 0,8% и других растворимых солей — 3,8%.

Получение сернокислого магния. Сернокислый магний встречается в природе в различных видах: в океанах, морях и озерах и в виде твердых отложений. Технологическая схема получения сернокислого магния аналогична схеме получения хлормагния, с той только разницей, что извлечение сернокислого магния из рапы производится при более низкой температуре (не выше 120°).

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 53

Выход раствора из плавяного хлорманния

| Плотность раствора хлористого магния | | Выход раствора из 1 кг плавяного хлористого магния | | Процентное содержание плавяного хлористого магния в весовой единице | Содержание плавяного технического хлористого магния в 1 л раствора в (кг) |
|--------------------------------------|---------|--|--------------|---|---|
| по удельному весу | по Боме | по объему в л | по весу в кг | | |
| 1,263 | 30 | 1,408 | 1,777 | 56,24 | 0,710 |
| 1,241 | 28 | 1,502 | 1,875 | 53,33 | 0,665 |
| 1,220 | 26 | 1,694 | 2,050 | 48,79 | 0,590 |
| 1,200 | 24 | 1,900 | 2,254 | 44,36 | 0,526 |
| 1,180 | 22 | 2,100 | 2,475 | 40,40 | 0,476 |
| 1,162 | 20 | 2,375 | 2,740 | 36,49 | 0,421 |
| 1,142 | 18 | 2,675 | 3,045 | 32,84 | 0,373 |
| 1,125 | 16 | 3,105 | 3,495 | 28,61 | 0,322 |
| 1,108 | 14 | 3,640 | 4,020 | 24,88 | 0,274 |
| 1,091 | 12 | 4,365 | 4,745 | 21,07 | 0,229 |
| 1,075 | 10 | 5,520 | 5,850 | 17,01 | 0,184 |

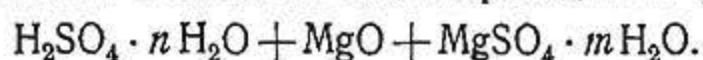
Таблица 54

Количество воды, требующееся для разбавления 1 л раствора хлористого магния для получения требуемой плотности

| Нужная плотность раствора хлорманния | Имеющаяся плотность раствора хлорманния | | | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| | 30° Боме | | 25° Боме | | 20° Боме | |
| | выход раствора в л | количество добавляемой воды в л | выход раствора в л | количество добавляемой воды в л | выход раствора в л | количество добавляемой воды в л |
| 10° | 3,944 | 2,944 | 3,088 | 2,088 | 2,350 | 1,350 |
| 11° | 3,520 | 2,520 | 2,748 | 1,748 | 2,080 | 1,080 |
| 12° | 3,160 | 2,160 | 2,478 | 1,478 | 1,875 | 0,875 |
| 13° | 2,880 | 1,880 | 2,248 | 1,248 | 1,705 | 0,705 |
| 14° | 2,632 | 1,632 | 2,043 | 1,043 | 1,555 | 0,555 |
| 15° | 2,414 | 1,414 | 1,883 | 0,883 | 1,435 | 0,435 |
| 16° | 2,220 | 1,220 | 1,743 | 0,743 | 1,325 | 0,325 |
| 17° | 2,060 | 1,060 | 1,618 | 0,618 | 1,230 | 0,230 |
| 18° | 1,923 | 0,923 | 1,508 | 0,508 | 1,145 | 0,145 |
| 19° | 1,794 | 0,794 | 1,418 | 0,418 | 1,070 | 0,070 |
| 20° | 1,705 | 0,705 | 1,343 | 0,343 | — | — |
| 21° | 1,597 | 0,597 | 1,263 | 0,263 | — | — |
| 22° | 1,512 | 0,512 | 1,188 | 0,188 | — | — |
| 23° | 1,432 | 0,432 | 1,118 | 0,118 | — | — |
| 24° | 1,352 | 0,352 | 1,055 | 0,055 | — | — |
| 25° | 1,275 | 0,275 | — | — | — | — |
| 26° | 1,170 | 0,170 | — | — | — | — |
| 27° | 1,120 | 0,120 | — | — | — | — |
| 28° | 1,060 | 0,060 | — | — | — | — |
| 29° | 1,028 | 0,028 | — | — | — | — |
| 30° | 1,000 | — | — | — | — | — |

До последнего времени в СССР отсутствовала промышленная добыча сернокислого магния; поэтому сернокислый магний получался и получается путем нейтрализации серной кислоты каустическим магnezитом.

В этом случае серная кислота (52° Боме) предварительно разбавляется водой до 12—13° Боме (первоначально в бак наливается вода, а затем добавляется кислота), а затем нейтрализуется магнезитом до полного исчезновения кислотных свойств. Реакция проходит по формуле:



где n и m — некоторые количества частиц воды.

Полученный раствор в зависимости от требуемой концентрации или разбавляется водой или наоборот выпаривается до требуемой густоты.

Нейтрализация производится в железных или деревянных баках, выложенных изнутри свинцом. При нейтрализации получается осадок на дне сосуда. Для отделения этого осадка раствор может быть пропущен через сетку или фильтр. Так как остаток состоит из гидратов железа и силикатов, то при изготовлении фибролита он может не отфильтровываться.

Расход исходных материалов примерно следующий: при нейтрализации 1 кг технической серной кислоты (52° Боме) идет 0,333 кг каустического магнезия, и при этом получается 3,5 кг раствора сернокислого магнезия в 30° Боме, с осадком, что составляет по объему 2,8 л или 2 кг чистого прозрачного раствора в 30° Боме.

Возможна также замена серной кислоты бисульфатом натрия. Последний представляет собой кислую сернокислую соль натрия (NaHSO_4), получающуюся в качестве отхода при производстве азотной кислоты из чилийской селитры. В бисульфате натрия хорошего качества содержится около 51,5% сернистого натрия и 47% свободной серной кислоты и, таким образом, отношение с ним должно быть столь же осторожное, что и с серной кислотой. Качество бисульфата натрия может быть установлено по его цвету. Наибольшее количество H_2SO_4 содержат отходы зеленоватого цвета и наименьшее — грязно-серого цвета. Бисульфат натрия транспортируется в железных барабанах, в которые наливается в расплавленном состоянии. При употреблении в дело, рабочая плотность раствора бисульфата натрия составляет 8—13° Бе. Нижеследующая таблица характеризует содержание бисульфата натрия в растворах различной плотности.

Таблица 55
Содержание бисульфата натрия в растворах различной плотности

| Крепость раствора в градусах Боме | Содержание кристаллической соли в 1 л раствора в кг | Процентное содержание кристаллической соли в 1 кг раствора |
|-----------------------------------|---|--|
| 30 | 0,406 | 32,2 |
| 28 | 0,365 | 29,5 |
| 26 | 0,331 | 27,2 |
| 24 | 0,300 | 25,1 |
| 22 | 0,267 | 22,8 |
| 20 | 0,240 | 20,8 |
| 18 | 0,205 | 18,1 |
| 16 | 0,172 | 15,5 |
| 14 | 0,143 | 13,1 |
| 12 | 0,120 | 11,1 |
| 10 | 0,101 | 9,47 |
| 8 | 0,076 | 7,27 |
| 6 | 0,055 | 5,39 |
| 4 | 0,039 | 3,76 |
| 3 | 0,022 | 2,19 |

Следует заметить, что при применении взамен серной кислоты бисульфата натрия схватывание цемента замедлено и прочность его меньше.

Инж. П. В. Лапшиным составлена нижеприводимая рабочая таблица выхода растворов различной плотности из 1 л MgSO_4 крепостью в 30° Боме.

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 56

Выход растворов различной плотности из 1 л $MgSO_4$ крепостью в 30° Боме

| Удельный вес раствора | Полученная плотность раствора сернокислого магния по Боме | Объем раствора в л |
|-----------------------|---|--------------------|
| 1,263 | 30 | 1,000 |
| 1,241 | 26 | 1,080 |
| 1,220 | 25 | 1,190 |
| 1,200 | 24 | 1,310 |
| 1,180 | 22 | 1,460 |
| 1,162 | 20 | 1,640 |
| 1,142 | 18 | 1,840 |
| 1,125 | 16 | 2,120 |
| 1,108 | 14 | 2,480 |
| 1,091 | 12 | 2,960 |
| 1,075 | 10 | 3,660 |

МАГНЕЗИАЛЬНЫЙ ЦЕМЕНТ (ЦЕМЕНТ СОРЕЛЯ)

Определение. Магнезиальным цементом (цементом Сореля) называется воздушное вяжущее вещество, получаемое при затворении каустического магнезита или каустического доломита крепкими растворами солей, способных давать концентрированные растворы. При затворении чистой водой — каустический магнезит не затвердевает, в чем и заключается его основное отличие от обыкновенных цементов. При производстве различных материалов цемент Сореля может быть смешан с весьма значительным количеством наполнителей минерального (асбест, молотый шамот) и органического (древесная шерсть, опилки) происхождения.

На основе магнезиального цемента, помимо фибролита, изготавливаются различные виды ксилолита.

Виды затворителей. В качестве затворителей могут применяться хлористый и сернокислый магний. При применении сернокислого магния цемент менее гигроскопичен, но обладает меньшей прочностью. Помимо этого, при употреблении сернокислого магния допустима термическая обработка приготавливаемого фабриката при более высоких температурах, чем при хлормagne (максимум 100—110°С).

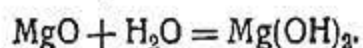
При работе на каустическом доломите применение хлормagne не может быть рекомендовано, так как последний реагирует со свободной окисью кальция, все же имеющейся в каустическом доломите, и образует гигроскопичный хлористый кальций, что в результате приводит к понижению прочности изделий.

О концентрации затворителей сказано ниже (см. дозировку цемента).

Свойства. Твердение. Процесс твердения магнезиального цемента с его физико-химической стороны, равно как и конечные продукты твердения, до последнего времени еще недостаточно определены.

Ряд исследователей считает, что в результате твердения магнезиального цемента образуются оксихлориды магния, расходясь в отношении точного химического состава этих соединений ($MgCl_2 \cdot 5MgO \cdot 17H_2O$; $MgCl_2 \cdot 3MgO \cdot 12H_2O$ и т. д.).

Акад. А. А. Байков, отрицая наличие двойных кристаллических соединений хлористого магния и окиси магния, полагает, что твердение цемента Сореля происходит в результате гидратации безводного MgO в среде хлористого магния по формуле:

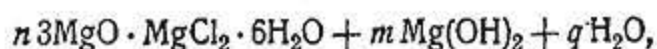


Доц. В. В. Шелягин считает¹, что, с одной стороны, в продуктах твердения имеются двойные образования MgO и $MgCl_2$ кристаллического характера, а с другой — что гидратация

¹ „Минеральное сырье“ № 5, 1929; „Каустический магнезит“, статья В. В. Шелягина, стр. 1131.

НТБ
ДНУЖТ

„активной“ окиси магния $[MgO \rightarrow Mg(OH)_2]$ играет существенную роль в процессе твердения. Исходя из этих соображений, В. В. Шелягиным предложена суммарная формула, характеризующая процесс твердения магнезиального цемента:



где весь хлористый магний идет на образование $3MgO \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, а остаток „активной“ окиси магния гидратизируется.

Твердение магнезиального цемента сопровождается повышением температуры, сначала медленным и затем более быстрым. Максимум повышения температуры (по Байкову до 230°) имеет место через 4—5 час.

Чем слабее концентрация затворителя, тем медленнее проходит процесс твердения и тем меньше механическая прочность цемента. Это объясняется тем, что при слабых растворах (и при чистой воде) теплота, выделяющаяся при реакции, заставляет кипеть еще не вступившую в соединение жидкость. Помимо этого при слабых растворах затворителя (равно как и при обыкновенной воде), т. е. при более сильном парообразовании, наблюдается растрескивание твердеющего магнезиального теста (см. „Непостоянство объема“).

Гидравличность. Цемент не обладает гидравлическими свойствами.

Схватывание. При нормальной комнатной температуре, „оптимальной“ густоте теста и хорошем магнезите начало схватывания наступает через 25 мин.—1 ч. 25 м. и конец схватывания—через 1 ч. 15 м.—3 ч. 20 м.

При употреблении каустического доломита начало схватывания имеет место не ранее 3 часов.

Под „оптимальной“ густотой теста понимается густота, дающая наиболее прочную массу; практически—такая консистенция, при которой в случае надавливания рукой не выделяется жидкости. При ручном перемешивании для одной и той же густоты потребуется больше раствора хлористого магния, чем при машинном. В связи с этим изменяются и сроки схватывания, а именно: при ручном перемешивании схватывание теста нормальной густоты начинается через 5—30 мин. (т. е. раньше, чем при машинном), а кончается через $2\frac{1}{2}$ —5 час. (позднее).

Чем дольше происходит ручное перемешивание, тем короче сроки схватывания.

Механические свойства. Исследованиями доц. В. В. Шелягина, работавшего при опилочном заполнителе, установлено временное сопротивление растяжению магнезиального цемента состава: 1250 $см^3$ раствора хлористого магния 22° Боме на 3000 г каустического магнезита: через 1 сутки—20—23 $кг/см^2$, или $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ наибольшей своей величины; через 7 суток примерно 30—34 $кг/см^2$.

Максимальная прочность имеет место при удельном весе магнезита в 3,25. Помимо этого нарастание механической прочности зависит от ряда иных факторов, как например: содержания СаО в магнезите (обратная зависимость), концентрации раствора хлормагния (оптимальная концентрация: для чистого теста— 30° Боме, при заполнении опилками— 22° Боме и при фибролите— 13° Боме) и т. д.

С течением времени прочность магнезиального цемента понижается. Это объясняется тем, что влага и углекислота из воздуха проникают через пористую массу раствора (при отсутствии механического трамбования) к еще непогасившимся частицам окиси магния, гидратизируя и карбонизируя их.

Запоздание же в гидратации окиси магния может быть объяснено наличием вокруг отдельных зерен магнезита защитной пленки $Mg(OH)_2$ (см. „Магнезит“), задерживающей гашение (в зависимости от толщины пленки) на тот или иной срок.

В значительной степени прочность магнезиального цемента на любом затворителе зависит от времени перемешивания массы. Максимум прочности при механическом перемешивании имеет место при 10-минутном перемешивании¹.

¹ П. В. Лапшин, стр. 70.

НТБ
ДНУЖТ

Дальнейшее падение прочности объясняется началом схватывания во время перемешивания.

При машинном перемешивании цемента наблюдается повышение его прочности, сопровождающееся одновременным уменьшением потребности в растворителе.

Вымываемость. Магнезиальный цемент, измельченный в порошок и обработанный водой, легко отдает почти весь хлористый магний. Но изделия из цемента, положенные в воду после некоторого затвердения, дают при 7—14 дневном лежании в воде сравнительно небольшое понижение прочности. Чем выше концентрация хлористого магния, тем устойчивее магнезиальный цемент.

Что касается магнезиального цемента из каустического доломита, то испытания треста „Ленстройматериал“ дали следующие средние показатели механической прочности:

| Срок испытания в днях | Раствор 1:0 при плотности $MgCl_2$ в 25° Бэ | | Раствор 1:2 по объему (древесные опилки) при плотности $MgCl_2$ в 22° Бэ | |
|-----------------------|---|--|--|--|
| | Временное сопротивление сжатию в $кг/см^2$ | Временное сопротивление растяжению в $кг/см^2$ | Временное сопротивление сжатию в $кг/см^2$ | Временное сопротивление растяжению в $кг/см^2$ |
| 7 | 193 | 18 | 80 | 6 |
| 28 | 260 | 22 | 175 | 10 |

Временное сопротивление сжатию простых магнезиальных масс доходит до $800 кг/см^2$. При введении в массу опилок прочность массы значительно понижается (на 40—70%). То же имеет место и при применении длиноволокнистого наполнения.

Прочность на истирание магнезиального цемента зависит от качества каустического магнезита, количества раствора растворителя (обратная зависимость), концентрации раствора (прямая зависимость) и от введения наполнителей (положительный фактор).

Дозировка. Нормальное твердение магнезиального цемента имеет место лишь при соблюдении оптимального соотношения между каустическим магнезитом и затворителем.

До последнего времени наиболее полно исследована система магнезит-хлормагний, причем большинство исследователей сходится на соотношении 1:0,62, где за единицу принимается каустический магнезит, а за кратное — плавный хлормагний.

Средний выход магнезиального цемента равен 0,63 (по объему).

Конечно установленное соотношение не является безусловно правильным для всех случаев, так как расход хлормagnesия зависит от качества магнезита (т. е. от содержания в нем активной окиси магния, степени лежалости), а также от температуры и влажности помещений, где производится работа.

При ухудшении качества магнезита должно быть уменьшено количество хлормagnesия.

Что касается плотности раствора затворителей, то уже ранее указывалось, что чем слабее концентрация раствора, тем медленнее проходит процесс твердения и тем меньше прочность цемента. Но в то же время при повышении концентрации раствора возможно наличие избытка солей, не вошедших в реакцию, высаливание их и увеличение гигроскопичности изделий. В связи с этим установлено, что предельная концентрация растворов при приготовлении фибролита не должна превышать: для хлор-

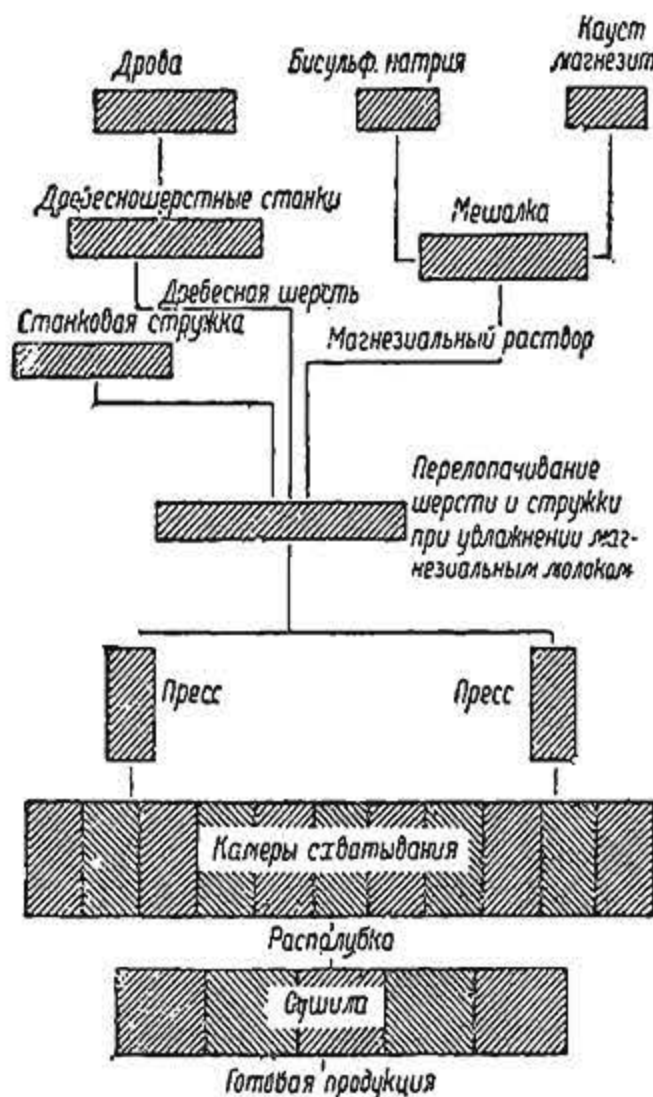
магния — 13° Боле (при опилках — 19—22° Боле) и для сернокислого магния — 15—17° Боле.

В процессе производства концентрация раствора в значительной степени зависит от количества воды, нужной для увлажнения наполнителя, что в свою очередь определяется относительным количеством наполнителя, степенью его измельчения и содержанием в нем влаги.

При недостаточно влажных наполнителях необходимо предварительное смачивание их водой: при избыточном содержании влаги должна еще больше повышаться концентрация раствора.

В связи с этим следует брать пробы наполнителей на определение их влажности. Последнее имеет значение не только для определения концен-

трации раствора, но и для определения потребного количества наполнителей, если последние берутся по весу.



Производство магнезиального фибролита

Производство магнезиального фибролита распадается на четыре основных операции: а) подготовку и замешивание массы; б) прессование; в) схватывание; г) сушку (фиг. 92).

По существу производственные процессы несложны и не требуют дорогого оборудования.

а) Подготовка и замешивание массы. Эта операция в свою очередь распадается на три рабочих процесса: 1) отмеривание наполнителей, 2) приготовление цементного молока и 3) смешивание наполнителей с молоком.

Древесная шерсть поступает в производство в виде спрессованных кип, подлежащих разрыхлению и проветриванию (за сутки до употребления в дело), а в зимнее время и оттаиванию.

Дозировка шерсти может производиться по объему и по весу. Второй

Фиг. 92. Схема полумеханизированного производства магнезиального фибролита.

способ более точен, но ввиду затруднительности взвешивания больших масс наполнителя он применяется при небольшом масштабе производства фибролита. В больших производствах отмеривание производится по объему, но при этом необходимо контролировать объемные определения взвешиванием.

Магнезиальный раствор¹ может быть приготовлен путем ручного или механического перемешивания; процесс смешения является чрезвычайно ответственным, так как от тщательного смешения раствора и совершенного растворения² магнезита (доломита) зависит последующая прочность фабриката. При ручном перемешивании невозможно достичь полного суспензирования магнезита, и при стоянии изготовленного раствора неизбежен осадок магнезита на дно посуды; при механическом же перемешивании

¹ В этом случае, равно как и в последующих, под словом магнезиальный раствор следует понимать не раствор в строительном смысле этого слова (т. е. смесь вяжущего с наполнителем), а суспензию магнезита в соляном растворе.

² Магнезит не растворяется в соляном растворе, а лишь суспензируется.

НТБ
ДНУЖТ

вании получается раствор, не дающий осаждения магнезита (доломита). В связи с этим предпочтительно применение механического перемешивания даже при небольшом производстве.

Растворомешалки, применяющиеся в фибролитовом производстве, могут быть вертикальные и горизонтальные. Вертикальная растворомешалка делается из железа, раструбом кверху и имеет в середине вертикальный вал с горизонтальными лопастями, служащими для размешивания смеси. Горизонтальная растворомешалка представляет собой опрокидывающийся кузов, внутри которого горизонтально расположены дугообразные лопасти, приводимые во вращение от ручной или механической передачи¹.

Первоначально в растворомешалку заливают нужное количество раствора хлормагния (или же сернокислого магния), а затем при непрерывной работе мешалки в нее высыпается дозированное количество магнезита (доломита). Получающийся продукт имеет консистенцию примерно 40° Боме,

Продолжительность перемешивания раствора отражается на его прочности. В связи с этим операция размешивания магнезита и всего количества хлористого магния (а также сернокислого магния) должна продолжаться около 10—15 мин.

Готовый магнезиальный раствор может стоять до употребления в дело не более 2 часов.

Раствор из растворомешалки поступает к наполнителям, предварительно хорошо перелопаченным (ручным или механическим способом) и политым (из лейки) раствором железного купороса (8° Боме). Целью добавления железного купороса является образование в результате взаимодействия с хлористым магнием сернокислого магния, обез-



Фиг. 93. Перемешивание шерсти и стружки с вяжущим.

вреживающего древесину от имеющихся вредителей (грибок и др.). Железный купорос выполняет при этом также и роль растворителя. Прочность раствора и скорость твердения при этом не изменяются. При работе с сернокислым магнием процесс увлажнения наполнителей железным купоросом отпадает, и взамен этого производится или предварительное увлажнение наполнителей серно-кислым магнием (в количестве, равном применяющемуся для составления магнезиального цемента), или же перемешивание сухих наполнителей с магнезиальным цементом, имеющим двойное содержание сернокислого магния.

Смешение наполнителей с магнезиальным молоком может быть ручное и механическое. В первом случае стружка и шерсть, лежащие на бойке, поливаются молоком и перелопачиваются вилами и широкой фанерной лопатой (фиг. 93). Показателем хорошего перемешивания массы с магнезиальным молоком и достаточного обволакивания им наполнителей служит при применении хлористого магния позеленение массы, появляющееся в результате воздействия гидрата магния на железный купорос. Образующийся при этом гидрат закисного железа зеленого цвета с течением времени под действием кислорода воздуха переходит в окисное соединение красновато-бурого цвета, придающее готовым плитам желтоватый цвет.

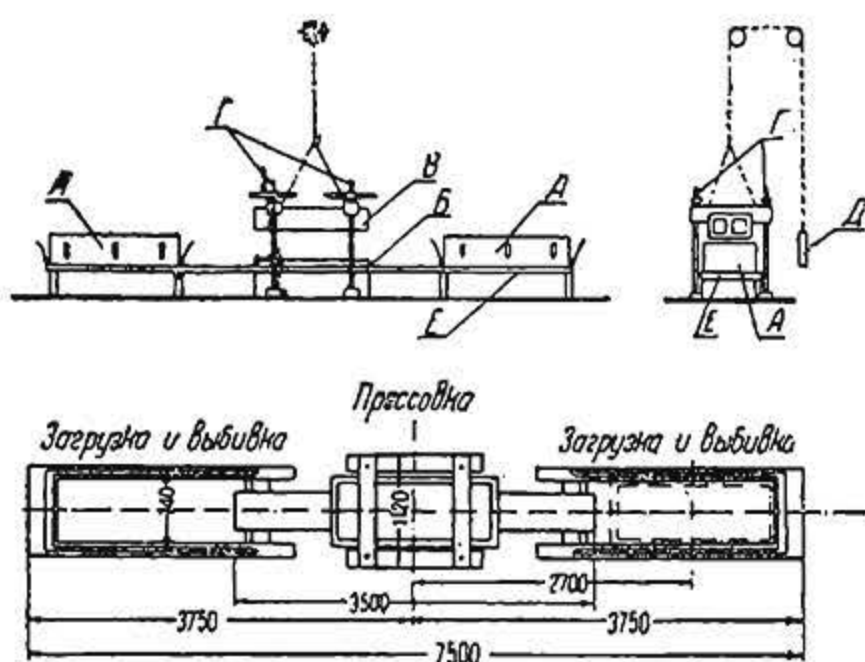
¹ Сообщение ВИС № 38. П. В. Лапшин, Основные данные по производству фибролитовых плит на магнезите, ГНТИ, М.—Л. 1932, стр. 10.

При механическом перемешивании массы наполнителей с раствором магнезиальный цемент может закрепляться на внутренней поверхности частей мешалки, а древесная шерсть может наматываться на движущиеся части.

Поэтому обязательны двукратная промывка и прочистка мешалки в течение сменного рабочего процесса.

При неудовлетворительном перемешивании наполнителя с вяжущим имеет место частичное отслаивание стружки на боковых поверхностях.

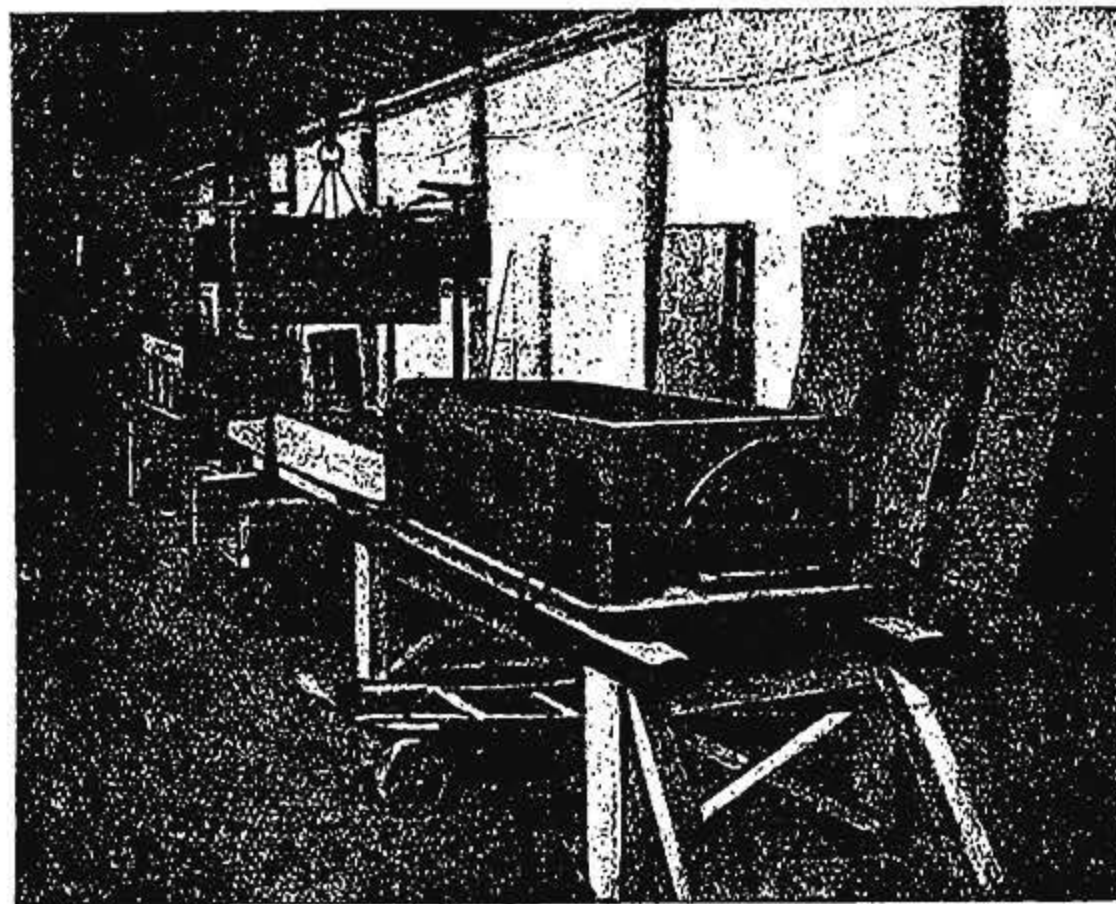
Помимо вышеописанного „мокрого способа“ производства возможно применение „сухого способа“, заключающееся в том, что органические наполнители



Фиг. 94. Схема установки фибролитового пресса.

предварительно подвергаются пропитке водным раствором того или иного затворителя, а затем опылению порошком магнезита (доломита).

Сухой способ производства фибролита не может применяться в кустарных производствах и в условиях стройплощадки, так как он требует механизации процесса перемешивания наполнителя с порошком магнезита (доломита).



Фиг. 95. Общий вид фибролитового пресса.

Прессование. Прессование фибролита может производиться на ручных (фиг. 94 и 95) и механических прессах.

Главной составной частью ручного пресса, разработанного ВИСом¹,

¹ Подробное описание этого пресса, равно как и детальные чертежи, см. П. В. Лавшин, Основные данные по производству фибролитовых плит на магнезите ГНТИ, М. 1932.

НТБ
ДНУЖТ

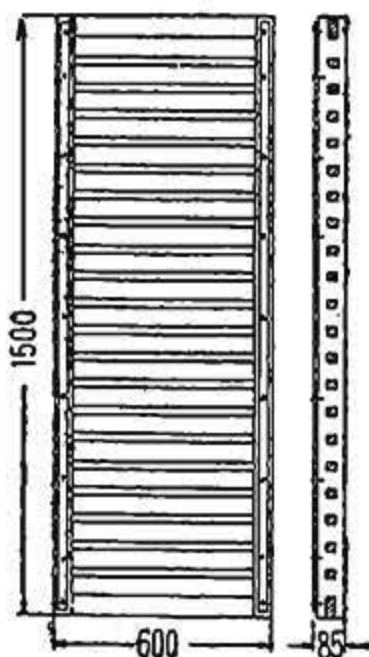
является опока А, представляющая собой бездонный ящик из 50-миллиметровых досок, внутри обитых железом. Размеры опоки соответствуют размерам прессуемых плит с припуском по длине и ширине в 2 мм; высота опоки равняется толщине плиты плюс 30 см. Опока движется на роликах по прессовальному столу Б, представляющему собой деревянный щит из толстых досок, обитых по краям полосовым железом, и опорным рамкам Е, служащим продолжением прессовального стола и укрепленным на стойках.

В опоку последовательно закладываются деревянный щиток соответствующих размеров, фибролитовая масса и верхний щит (фиг. 96). Щиты изготавливаются или сплошные (из $2\frac{1}{2}$ -сантиметровых досок) или решетчатые (предложены Н. И. Бубновым). Толщина щитов равняется 50 мм. Целью применения решетчатых щитов, могущих применяться не только при изготовлении магнезиального фибролита, но и известково-диатомового, является усиление воздействия теплого воздуха или пара на фибролитовую массу (при пропарке без повышенного давления). Решетчатый щит (фиг. 97) представляет собой рамку $1,5 \times 0,5$ м (или иного размера), в которую вставлены по короткой стороне рейки толщиной в 25 мм на расстоянии 30 мм друг от друга. Для ровного расположения шерсти во время прессования в решетчатый щит вставляется другой решетчатый щит

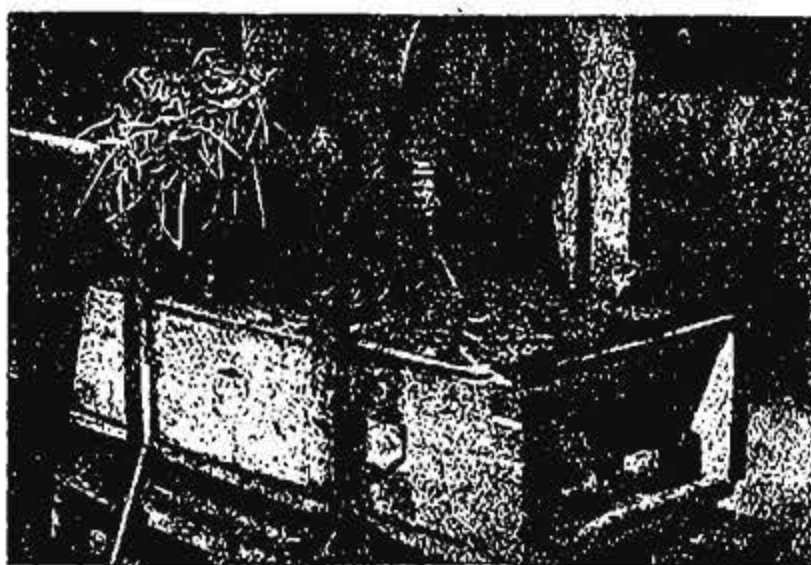


Фиг. 96. Укладка щита в опоку.

другой решетчатый щит (гребень) с толщиной реек также в 25 мм. Эти рейки входят в 30-миллиметровые зазоры первого щита и составляют вместе с первым щитом как бы сплошной щит со щелями между реек в 2,5 мм. По окончании прессования и надевания на щит скоб вспомогательная решетчатая гребенка вынимается, а фибролитовая масса остается запрессованной в щитах-решетках. В местах зазоров получается некоторое разрыхление фибролита весьма незначительно отражающееся на его прочности, но способствующее лучшему сцеплению плиты со штукатуркой.



Фиг. 97. Решетчатый щит сист. инж. Н. И. Бубнова.



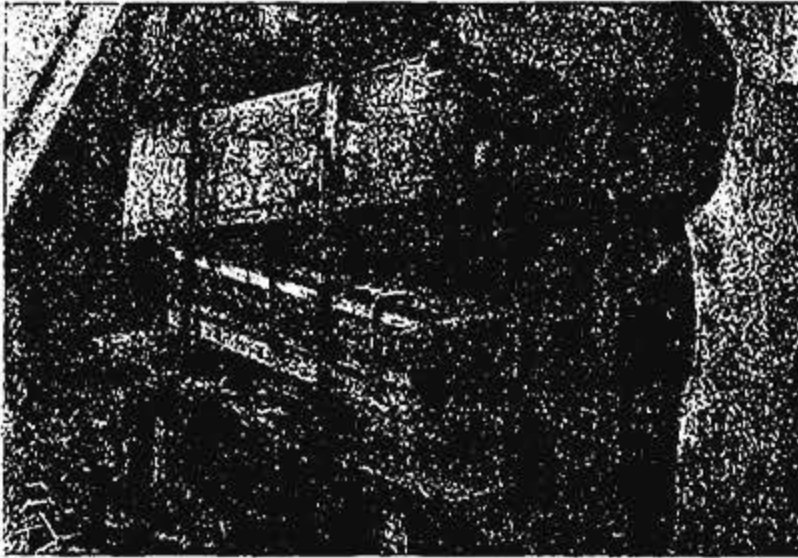
Фиг. 98. Раскладка фибролитовой массы в опоке.

другой решетчатый щит (гребень) с толщиной реек также в 25 мм. Эти рейки входят в 30-миллиметровые зазоры первого щита и составляют вместе с первым щитом как бы сплошной щит со щелями между реек в 2,5 мм. По окончании прессования и надевания на щит скоб вспомогательная решетчатая гребенка вынимается, а фибролитовая масса остается запрессованной в щитах-решетках. В местах зазоров получается некоторое разрыхление фибролита весьма незначительно отражающееся на его прочности, но способствующее лучшему сцеплению плиты со штукатуркой.

НТБ
ДНУЖТ

Размеры щитов должны соответствовать размерам плит, так как иначе плиты не имеют правильной формы и на торцах и на боковых гранях висит стружка.

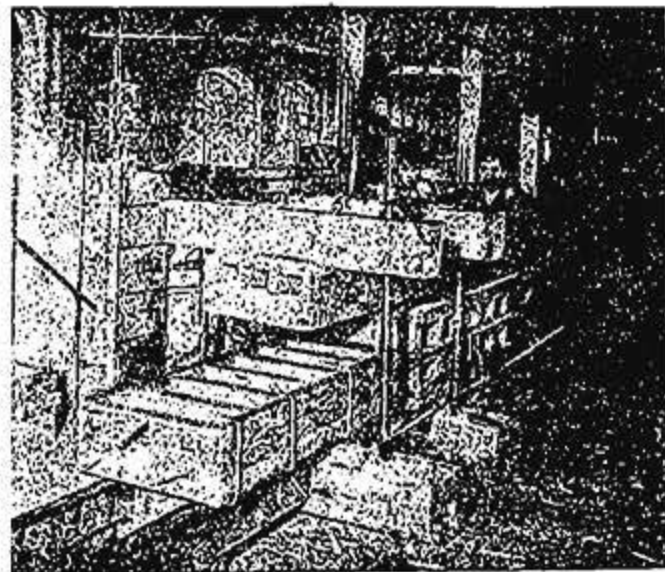
Наружные продольные края щитов обиваются угловым или полосовым железом, так как иначе возможен их сильный износ в местах закрепления скоб. В результате износа получаются плиты неодинаковой толщины и неодинаковой плотности.



Фиг. 99. Съем опоки по окончании прессования фибролитовой плиты.

Фибролитовая масса должна быть разровнена руками, подбита ручной лопаточкой по краям, и в углах и сверху выровнена для правильного вложения в нее верхнего щита (фиг. 98). При плохой раскладке массы плита имеет неодинаковую плотность и в ней встречаются мягкие и рыхлые места, чередующиеся с твердыми. Все содержимое опоки спрессовывается при помощи прессовального поршня *B*, опускающегося под действием четырех винтов *Г* ($1\frac{1}{2}$ ") и уравнивающегося при помощи противогруза *Д* (фиг. 94). Винты приводятся в движение вручную двумя рабочими.

По окончании прессования оба щита вместе со спрессованной массой зажимаются шестью или восемью железными скобами ($8-12 \times 25$ мм), закладываемыми в продолговатые вертикальные отверстия, расположенные поровну на продольных боковых стенках опок. Цель такого зажима в том, чтобы удержать спрессованную стружку и шерсть, стремящиеся (вследствие упругости) вернуться в первоначальное положение. По окончании закрепления щитков поршень поднимается, опока откатывается из-под пресса, и щитки с запрессованной массой выбиваются деревянными трамбовками из опоки (фиг. 99). Во избежание прилипания фибролитовой массы к щиткам последние смазываются при помощи щеток смесью керосина и машинного масла (1:1). Процесс прессования идет непрерывно, так как каждый пресс обслуживается двумя опоками. Во время запрессования содержимого первой опоки происходит подготовка к прессованию второй опоки.



Фиг. 100. Фибролитовый пресс сист. инж. Н. И. Бубнова.

Более рационально применение прессформы с откидывающимися боковыми сторонами. Последние прикреплены к тычковым сторонам на петлях и свободно открываются для схватывания щитов скобами и для выемки зажатых комплектов.

От вышеописанного пресса несколько отличается пресс, сконструированный инж. Н. И. Бубновым (фиг. 100). В этой системе опоки разнимаются и отводятся по рельсам в сторону, сформованные же плиты выталкиваются

НТБ
ДНУЖТ

и под пресса движением второй опоки, заполненной новым комплектом запрессованной массой.

Производительность ручных прессов различных систем колеблется от 100 до 250 плит за смену, в зависимости от способа подачи фибролитовой массы. Верхний предел относится к случаю подачи массы через бункера, располагаемые над прессом, а нижний — к случаю ручной нагрузки пресса.

Сила прессования на ручных прессах составляет от 0,75 — 1 кг на 1 см² плиты.

Необходимо заметить, что сила прессования в значительной степени определяет свойства фибролита. Чем больше сила прессования, тем больше прочность фибролита и тем он устойчивее против различных вредных влияний (в частности, снижение прочности во времени известково-диатомового фибролита — см. дальше). В связи с этим, при заводском изготовлении фибролита необходимо во всех возможных случаях переходить от ручных прессов к механизированным. Достаточно усовершенствованных конструкций последних, за исключением пресса ССЖС, пока еще не имеется.

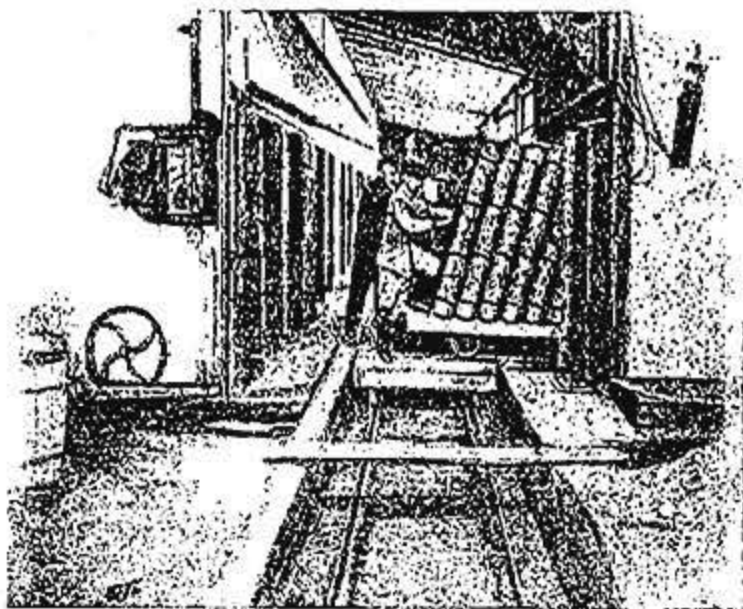
Схватывание. Фибролитовая масса отвердевает относительно медленно. Для ускорения отвердевания фибролита запрессованные между щитами плиты выдерживаются в камерах схватывания (фиг. 101) и сушилках, где они подвергаются действию повышенной температуры. Время выдерживания фибролита в камерах схватывания зависит исключительно от температурного режима, интенсивности обмена воздуха и системы щитов. Чем лучше испарение влаги, т. е. чем выше температура, тем быстрее проходит процесс твердения (обугливания фибролита в этом случае опасаться не приходится, так как плиты влажные). При температуре в 80—90° время выдерживания составляет 24—48 час.

Независимо от времени выдерживания должна быть создана стабильность температурного режима и обеспечена максимальная скорость удаления испаряемой влаги после прогрева фибролита.

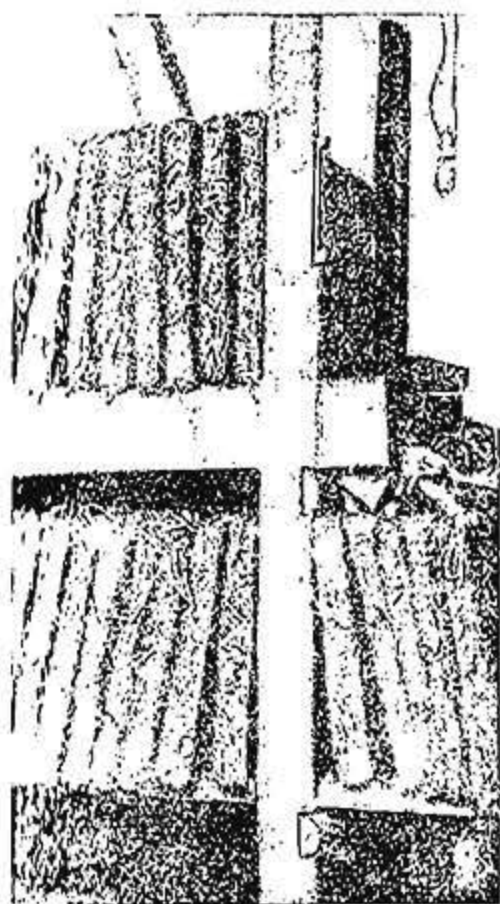
По окончании выдерживания плиты выгружаются из камеры, скобы сбиваются, щитки разнимаются и полученная твердая, схватившаяся фибролитовая плита поступает в сушилки на дальнейшую просушку (фиг. 102).

Нужно отметить, что ускорение схватывания фибролита в камерах схватывания и более интенсивное выпаривание влаги облегчают дальнейшую сушку.

Сушка. Целью сушки фибролита является удаление из плит воды,



Фиг. 101. Загрузка фибролитовых плит в камеры схватывания.



Фиг. 102. Сушка фибролитовых плит.

НТБ
ДНУЖТ

меденной в них при замешивании фибролитовой массы. Плохо просушенная фибролитовая плита рыхла и непрочна.

Сушка плит может происходить в камерных или тоннельных сушилках, при различных видах подогрева: паровыми трубами, боровами, теплым воздухом из калорифера или непосредственно газами горения.

Длительность сушки при температуре 85—90° составляет 16—24 часа и зависит от температурного режима и интенсивности удаления испаряющейся воды. Чем выше температура и чем лучше работает вентиляция, тем быстрее заканчивается сушка. Конечная влажность плит не должна превышать 23—28%. (Потеря в весе при схватывании и сушке составляет 7—9 кг на плиту.)

Длительность обоих периодов (схватывания и сушки) составляет таким образом для магнезиального древесно-шерстного фибролита, изготовляемого в сплошных щитах, от 48 до 64 часов. При употреблении взамен каустического магнезита каустического доломита указанные сроки увеличиваются примерно на 20—30%. Равным образом, срок схватывания и сушки увеличивается при изготовлении плит из смеси древесной шерсти и станковой стружки. Увеличение доходит до 50—60% и объясняется менее пористой структурой стружек, нежели шерсти. При применении взамен сплошных щитов решетчатых щитов, вышеприведенные сроки сокращаются, согласно указаний инж. Н. И. Бубнова, примерно на 50%.

В южных районах СССР возможно заменять выдержку плит в камерах схватывания и твердения сушкой на воздухе под навесами. При температуре в 30—35° сушка в щитах (схватывание) длится около 4 дней и последующая сушка без щитов—5—7 дней. Прочность фибролитовых плит при этом меньше, нежели при искусственной сушке. Помимо этого, необходимо увеличивать расход вяжущего, примерно, на 10%.

При применении решетчатых щитов схватывание массы и ее дальнейшая подсушка могут происходить без перерыва в одной и той же камере, так как распалубки плит не требуется.

Дозировка составных частей и расход материалов. Расход материалов на изготовление 1 м³ магнезиального фибролита виден из нижеприводимой таблицы.

Таблица 57

| Наименование материалов | Расход материалов на 1 м ³ фибролита | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Каустический магнезит в порошке кг | 100 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 108 | 115 | 115 | 5 | — | 5 | 5 |
| Каустический доломит в порошке кг | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 190 | 190 | 190—210 | 190—210 |
| Хлористый магний в растворе 13° Бе литров | 130 | 114 | — | 114 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Железный купорос в растворе 8° Бе литров | 50 | 114 | — | 114 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| NaCl в растворе 12° Бе литров | — | — | 114 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Бисульфат натрия в растворе 8—13° Бе литров | — | — | — | — | 180 | 228 | — | — | 228 | 228 | — | 228 | — |
| Сернокислый магний в растворе литров | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 228 | — | 228 |
| Серная кислота крепостью 12° Бе (разведена из 52° Бе) литров | — | — | — | — | — | — | 180 | 228 | — | — | — | — | — |
| Древесная шерсть грубая кг | 160 | 76 | 76 | 180 | 160 | 190 | 160 | 76 | 76 | 190 | 190 | 114 | 114 |
| Станковая стружка кг | — | 190 | 90 | — | — | — | — | 190 | 190 | — | — | 114 | 114 |

Примечания: 1) Рецептура 1, 5, 7 и 14—Новстромтреста, остальные ЦНИИПСа.
2) Всюду предполагается саткинский каустический магнезит с объемным весом 0,80 и изварский каустический доломит, при объемном весе 1,10.

НТБ
ДНУЖТ

- 3) В потребность магнезита включен также расход на нейтрализацию серной кислоты или бисульфата натрия.
- 4) Средний расход „кислотного огарка“ в плавящем виде на 1 л раствора при плотности в 13° Боме составляет около 0,2—0,3 кг, в зависимости от кислотности отхода.
- 5) При изготовлении фибролита на каустическом доломите плотность раствора бисульфата натрия принимается в 8°.
- 6) Содержание плавящего хлористого магния в 1 л раствора, плотностью в 13° Боме, равно 0,252 кг.
- 7) Содержание кристаллического железного купороса в 1 л раствора, плотностью в 8° Боме, равно 0,108 кг.
- 8) Содержание серной кислоты 52° Боме в водном растворе плотностью 12° Боме составляет около 0,07—0,08 кг.
- 9) Возможно уменьшение расхода магнезита на 30% за счет введения минерального заполнителя (мелкоизмолотые пески, доломиты, кровельные сланцы и т. д.) в количестве 50% от первоначального веса магнезита. При этом расход древесного наполнителя уменьшается на 10—13%.

При назначении дозировки следует учитывать влажность наполнителя. Та или иная влажность шерсти (стружки) обуславливает с одной стороны количество расходуемого наполнителя, а с другой — концентрацию раствора затворителя.

Известково-трепельный фибролит

Процесс изготовления известково-трепельного фибролита основывается на взаимодействии между известью и трепелом. Последнее форсируется запаркой массы либо при повышенной температуре (до 70—80°) при атмосферном давлении или же при повышенном давлении (например 8 атм при 175°). Древесная шерсть (или иные наполнители), смоченная известково-трепельным вяжущим соответствующей консистенции, частично пропитывается таковым, частично обволакивается. При последующей термической обработке (запарке) масса раствора и склеенное им волокно окаменевают, что придает фибролитовой плите достаточную прочность и устойчивость.

Запарка может происходить, как уже указано, или под повышенным давлением или при атмосферном давлении. При запарке по первому способу требуются запарочные котлы-автоклавы, аналогичные с применяющимися при производстве известково-песчаного кирпича. Недостаточное количество запарочных котлов и трудность их изготовления побудили перейти к запарке фибролита при атмосферном давлении в парильных камерах с паровым отоплением или в камерах с системой боровов, обогревающих плиты газами горения.

Относительно невысокая температура процесса (не выше 100°) менее благоприятна для прохождения процесса взаимодействия между известью и трепелом и полного использования содержащейся в последнем кремнекислоты, чем температура запарочного котла. Поэтому качество фибролита, получаемого при запарке в котлах, всегда выше, нежели фибролита, пропариваемого при атмосферном давлении, и что самое главное, почти не зависит от качества (степени активности) примененного трепела (диатомы). Как уже указывалось ранее, чем выше активность трепела, тем меньшее количество вяжущего потребно при обычных температурных условиях для получения равнопрочного раствора. Таким образом чем менее активен трепел, тем большее количество известково-трепельного вяжущего требуется израсходовать на приготовление 1 м³ равнопрочного фибролита и тем большим объемным весом будет последний обладать. Увеличение же массы фибролита в свою очередь не только потребует для достижения той же прочности добавочного расхода вяжущего, но и обусловит необходимость дополнительного повышения прочности, так как иначе плиты могут ломаться. Эти неблагоприятные условия отсутствуют в случае применения запарочного котла, где используется не только актив-

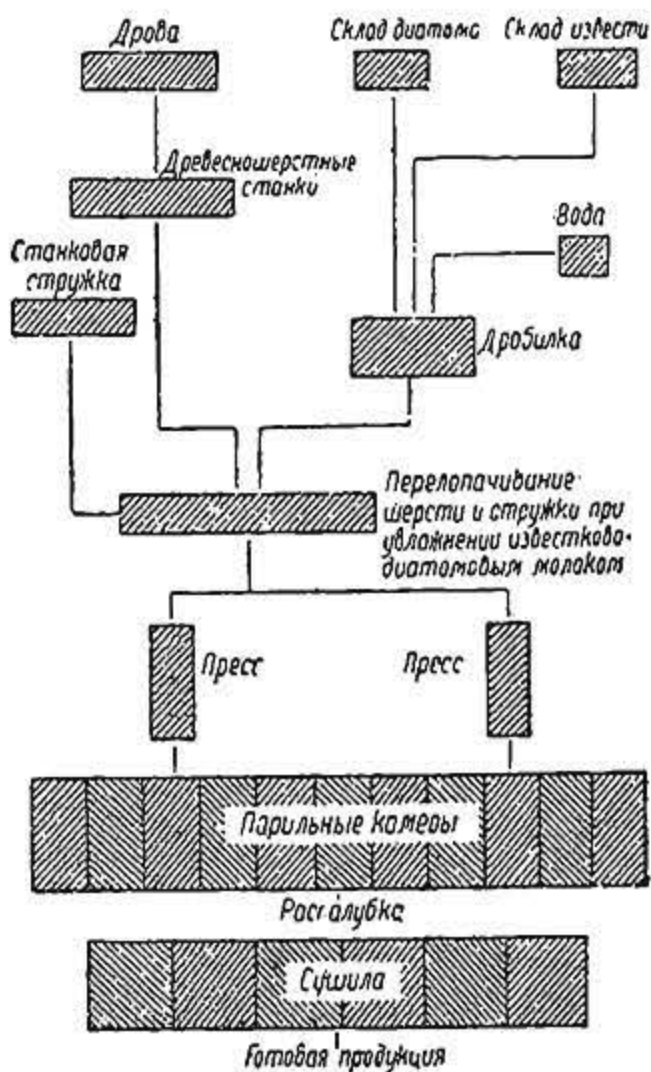
ны, но и неактивная кремнекислота. Указанными обстоятельствами объясняется разница в объемных весах фибролита, изготовленного различными способами (от 450 до 750 кг/м³).

Фибролит, изготовленный запаркой под повышенным давлением, не только лучше по своим качествам, но и дешевле, так как снижается расход вяжущего и топлива.

Производство известково-трепельного фибролита

Технологический процесс состоит из пяти основных операций: а) приготовления вяжущего, б) приготовления фибролитовой массы, в) прессования последней, г) пропарки (запарки) плит и д) сушки.

Первые три операции во всех случаях совершенно одинаковы, и различие наступает лишь с момента отвердевания плит (фиг. 103).



Фиг. 103. Схема полумеханизированного производства известково-диатомового фибролита. Пропарка при атмосферном давлении.

а) Приготовление вяжущего описано в разделе „Растворы“. Фибролит может готовиться как на молотом, так и на комовом диатоме. Наиболее желательно для упрощения технологической схемы приготовление сложного вяжущего путем совместного помола известки-киселки и комового диатомового материала на дробилке Клеро или на тяжелых бегунах (имеются на силикатных заводах).

Поскольку сложное вяжущее обычно употребляется в дело немедленно после его приготовления, то в нем возможно наличие некоторого количества незагасившихся частиц известки, запоздалое гашение которых происходит уже в момент запарки. Увеличение объема известки, сопровождающее гашение незагасившихся частиц, не отразится на механической прочности фибролита, так как будет воспринято закрепляющими щитами скобами.

При средне сящейся известки целесообразно дополнительное смешение вяжущего в шлямм-мешалке или корытной мешалке. Необходимо еще раз обратить внимание на соответствие известки нормами стандарта.

б) Приготовление фибролитовой массы. Органический наполнитель (древесная шерсть, перемешанная со стружками, или одна древесная шерсть или же иные наполнители), отмеренный по весу или объему, поливается известково-диатомовым вяжущим, консистенции жидкой сметаны (объемный вес около 1,3) и вновь перемешивается вилами до получения вполне однородной массы.

в) Прессование. Процесс прессования ничем не отличается от вышеописанного (магнезиальный фибролит). При запарке фибролита в запарочных котлах деревянные щиты заменяются железными. Последние изготовляются из котельного железа толщиной в 4—5 мм.

г) Запарка плит под повышенным давлением. Давление пара в запарочных котлах составляет 8 атм. Продолжительность запарки — около 9—12 час. при следующем режиме котла:

| | |
|---------------------------------|----------------|
| загрузка . . . | 25 мин. |
| закрытие котла | 45 " |
| впуск пара ¹ | 1 ч. 00 " |
| продолжительность запарки | 5 ч. 00 — 8 ч. |
| выпуск пара . | 1 ч. 00 мин. |
| открытие котла . | 25 " |
| разгрузка | 25 " |

Одновременной запарке подвергаются 280 плит (10 вагонеток по 28 плит), и таким образом пропускная способность котла за сутки составляет около 560 плит.

По окончании запаривания плиты освобождаются от скоб и металлических щитков, каковые возвращаются для запрессовки новых плит фибролита, а сырые плиты поступают в просушку.

Запарка при атмосферном давлении. Возможны три способа запарки фибролитовых плит при атмосферном давлении: а) действие живого пара в течение всего времени нахождения фибролита в парильной камере; б) комбинированное действие пара и горячего воздуха; в) вызревание в собственных парах, выделяющихся при подсушке фибролита паровым отоплением или газами горения. Первый способ является наименее удовлетворительным, как дающий плиты пониженной механической прочности (временное сопротивление изгибу не превышает 3 кг/см^2). Механическая прочность плит, изготовленных по последним двум способам, примерно одинакова ($4—5 \text{ кг/см}^2$). С экономической точки зрения преимущество должно быть отдано вызреванию в собственных парах, так как при применении боровой подсушки отпадает необходимость в дефицитном и дорогостоящем паровом хозяйстве.

Применение решетчатых щитов дает лучшие результаты по сравнению со сплошными щитами при обработке плит живым паром и при комбинированном действии пара и горячего воздуха, и худшие — при вызревании плит в собственных парах.

При пропарке в решетчатых щитах можно использовать для процессов пропарки и сушки одни и те же камеры; при употреблении же сплошных щитов обязателен съём щитов по окончании пропарки, т. е. выгрузка комплектов из парильной камеры и вторичная загрузка плит (без щитов) в сушильные камеры.

Конструкция парильных камер в основном такова же, что и при производстве легкобетонных камней.

Вызревание в собственных парах (самопропарка). Фибролитовые плиты загружаются в парильные камеры (на стеллажах или вагонетках) и подвергаются подсушке паровым отоплением или кирпичными боровами или же газами горения. Подъем температуры происходит в течение 10—15 часов. Затем плиты выдерживаются, при той же температуре, в парах воды, выделяющихся из самих плит фибролита, в течение не менее 12 часов (по аналогии с легкобетонными камнями желательное увеличение до 24 часов). После этого пропарка считается законченной, производится спуск пара из камеры и охлаждение плит. Последняя операция занимает около четырех часов, после чего плиты, после снятия щитов, поступают в сушилки.

д) Сушка. Фибролитовые плиты после пропарки распалубливаются и поступают в сушилки для дополнительной сушки. Целью последней является удаление избытка влаги из материала и доведение содержания ее до 30—35% на сухое вещество.

В плите до прессования содержится около 20—22 л воды; при прессовании теряется около 2 л воды и по окончании пропарки количество воды снижается, примерно до 12—13 л. Поскольку вес сухого вещества

¹ При впуске пара в котел происходит его конденсация впрямь до прогрева всей массы фибролита и стенок котла до 175° , после чего возможно сократить впуск пара.

плиты составляет около 22 кг, то содержание влаги превышает нормально допустимое (30—35%) на 50—60% и во избежание нежелательных явлений при использовании плиты в деле, необходимо излишнюю влагу удалить.

При применении решетчатых щитов сушка плит может происходить в парильных камерах.

Сушка плит происходит при температуре 70—80° в течение около 24—30 часов.

Таким образом общая длительность пропарочно-сушильных процессов (запарка при атм давл.) составляет от 50 до 70 часов.

Дозировка и расход материалов. Институтом сооружений рекомендованы следующие рецептуры известково-трепельного фибролита, изготовляемого путем запарки под давлением (на кубометр):

| | |
|--|------------|
| № 1 — стружки станковой (15—20% влажности) . | 170—190 кг |
| древесной шерсти | 76 " |
| диатома молотого (20% влажности) | 95 " |
| извести негашеной . | 70—75 " |
| № 2 — древесной шерсти | 190—220 " |
| диатома молотого (20% влажности) . | 95 " |
| извести негашеной . | 70—75 " |

Что касается дозировки материалов при изготовлении известково-трепельного фибролита путем запарки при атмосферном давлении, то указание уточненных рецептур является невозможным, вследствие различных свойств диатома.

Ориентировочно возможно указать, что при диатомах высокой активности отношение вяжущего (в пересчете на сухое вещество) к заполнителю по весу составляет 1,5—1,75 и при диатомах средней активности — 2—2,5. Соотношение между известью и диатомом выбирается согласно указаний, приведенных в разделе „известково-диатомовые растворы“.

Необходимо еще раз заметить, что применения малоактивных диатомов не может быть рекомендовано, так как при употреблении последнего в плите имеются большие скопления диатома, легко размягчающиеся и размокающие под действием влаги (например дождя).

Средний расход древесной шерсти составляет около 190—220 кг/м³ фибролита.

Количество воды, добавляемой к фибролитовой массе при ее изготовлении, составляет 150—175% по весу сухого сложного вяжущего, включая влагу, содержащуюся в органическом наполнителе и в вяжущем. Употребление излишнего количества воды приводит к снижению прочности вяжущего и, следовательно, фибролита.

Инж. А. В. Волженским предложены для подсчета расхода материалов на приготовление одной фибролитовой плиты, размера 1,5×0,5×0,07 м заданного объемного веса, следующие формулы:

а) Количество потребной древесной шерсти (при влажности 20%) =

$$= W = W_c + \frac{W_c \cdot a}{100 - a}, \quad (1)$$

где

W_c — вес сухой древесины, принимаемый равным 8,5—9,0 кг и
 a — влажность шерсти в % на влажную навеску.

б) Количество потребного комового трепела =

$$= T = \frac{m + 1}{\frac{100 - e}{4A - 100} + \frac{100 - e}{100}}, \quad (2)$$

где

m — количество сухого сложного вяжущего в кг на плиту. При $\gamma = 500$,
 $m = 12,5$; при $\gamma = 550$, $m = 15,5$ и при $\gamma = 600$, $m = 18,0$,
 e — влажность трепельного теста в % на влажную навеску,

A — содержание CaO в известковом тесте в % на сухое вещество (сухое вещество, умноженное на активность по титру).

$$v) \text{ Количество потребной извести (в виде теста)} = \\ = U = \frac{(m+1) \cdot 100 - T \cdot (100 - e)}{100 - b} \quad (3)$$

где

b — влажность известкового теста, в пересчете на влажную навеску.

Расход топлива. Общий расход топлива на 1 м^3 продукции различен, в зависимости от вида вяжущего и способа производства, и характеризуется нижеследующей таблицей:

Таблица 58

| Наименование фибролита | Обжиг извести (магнезита) — кг условного топлива | Приготовление древесной шерсти — кг условного топлива | Технологическое топливо и электроэнергия — кг условного топлива ¹ | Итого |
|--|--|---|--|-------|
| Магнезиальный | 21 | 20 | 70 | 111 |
| Известково-диатомовый, запарка под давлением | 15 | 20 | 162 | 197 |
| То же, запарка при атмосферном давлении | 17 | 20 | 230 | 267 |

Размеры плит. В настоящее время согласно ОСТ изготавливаются плиты следующих размеров (допустимые отклонения от размеров по толщине 5 мм):

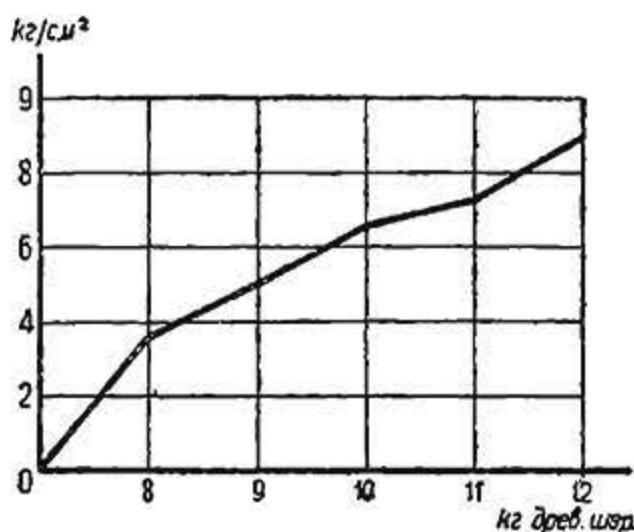
$$\begin{aligned} & 1,20 \times 0,60 \times 0,07 \\ & 1,50 \times 0,50 \times 0,07 \\ & 1,50 \times 0,60 \times 0,07 \end{aligned}$$

Размеры эти не могут считаться окончательно установленными и будут в ближайшее время пересмотрены.

Свойства. Внешний вид. Фибролитовые плиты должны иметь правильную прямоугольную форму без прогибов, впадин и выпуклостей. На поверхностях и торцах плит не должно быть отслаивания стружки. Плотность плиты во всех ее частях должна быть одинаковой.

Объемный вес. Объемный вес плит зависит от силы прессования и вида вяжущего вещества. Для плит на магнезиальном цементе (каустический магнезит) он колеблется в пределах 300 — 450 $\text{кг}/\text{м}^3$ и обычно близок 300 — 350 $\text{кг}/\text{м}^3$; при употреблении каустического доломита — 350 — 450 $\text{кг}/\text{м}^3$; для известково-диатомового фибролита, изготавливаемого путем запарки под давлением, 450 — 500 $\text{кг}/\text{м}^3$. Объемный вес известково-диатомового фибролита, изготавливаемого запаркой при атмосферном давлении, колеблется в пределах 550 — 750 $\text{кг}/\text{м}^3$, в зависимости от активности диатома и вида заполнителя.

Механические свойства. Прочность фибролита зависит от принятого



Фиг. 104. Зависимость прочности фибролитовой плиты от количества древесной шерсти.

¹ По данным типовых проектов Росстроипроекта.

НТБ
ДНУЖТ

технологического процесса, силы прессования, количества древесной шерсти (фиг. 104) и расхода вяжущего.

Временное сопротивление плит сжатию в направлении, перпендикулярном прессованию, должно быть не менее $1,5 \text{ кг/см}^2$ для плит, применяемых в качестве заполнения каркасных конструкций, и не менее 6 кг/см^2 — для применяемых в бескаркасных конструкциях.

Среднее временное сопротивление плит изгибу, согласно ОСТ, должно быть не менее 4 кг/см^2 . В ряде случаев, прочность превышает указанные ОСТ нормы, составляя при объемном весе до 350 кг/м^3 — 7 — 8 кг/см^2 и при объемном весе в 450 — 550 кг/м^3 — 9 — 10 кг/см^2 .

Считаясь с фактическими достигаемыми прочностями следует признать, что фибролит может применяться исключительно как материал для заполнения каркасных конструкций, для возведения самонесущих стен, для

устройства перегородок и т. д., но не как конструктивный материал, способный воспринимать нагрузки перекрытий и т. п.

Испытание на изгиб может происходить двояко. При наличии прессов, испытанию подвергаются три бруска, размером по ширине 15 см , а по длине, равные короткой стороне плиты.

При отсутствии прессов испытанию подвергаются целые фибролитовые плиты, и результаты его являются менее достоверными.

В первом случае бруски испытываются на рычажном или гидравлическом прессе, применяемом для испытания на изгиб строительных материалов — например, прессе Амслер-Лафон и т. п. (фиг. 105). Пресс предварительно должен быть проверен, и опорный валик приведен в соприкосновение с поверхностью бруска, после чего пресс приводится в действие до разрушения образца, причем отмечается максимум показания манометра.

Временное сопротивление определяется по формуле:

$$R = \frac{3pl}{2bh^2},$$

Фиг. 105. Испытание фибролитовых брусков на изгиб сосредоточенной нагрузкой.

где p — разрушающий груз в кг , l — расстояние между опорами в см , b — ширина бруска в см и h — высота бруска в см .

За результат испытания принимается среднее арифметическое из трех показаний, если разность между наибольшим и наименьшим не превышает 30% . В противном случае низшее показание отбрасывается и за результат принимают среднее арифметическое из двух остальных.

Во втором случае испытание производится не сосредоточенным, а равномерно распределенным грузом. Плита устанавливается на опорные треугольные бруски или пластины с пролетом между ними в 1 м . Нагрузка производится кирпичом (фиг. 106); кирпич укладывается плашмя одновременно с противоположных концов от опор к середине плиты; между кирпичами оставляется расстояние в 50 мм . По укладке первого продольного ряда укладывают тем же порядком второй и т. д. до разрушения плиты (фиг. 107).

Временное сопротивление определяется по формуле:

$$R = \frac{3pl}{4bh^2}.$$

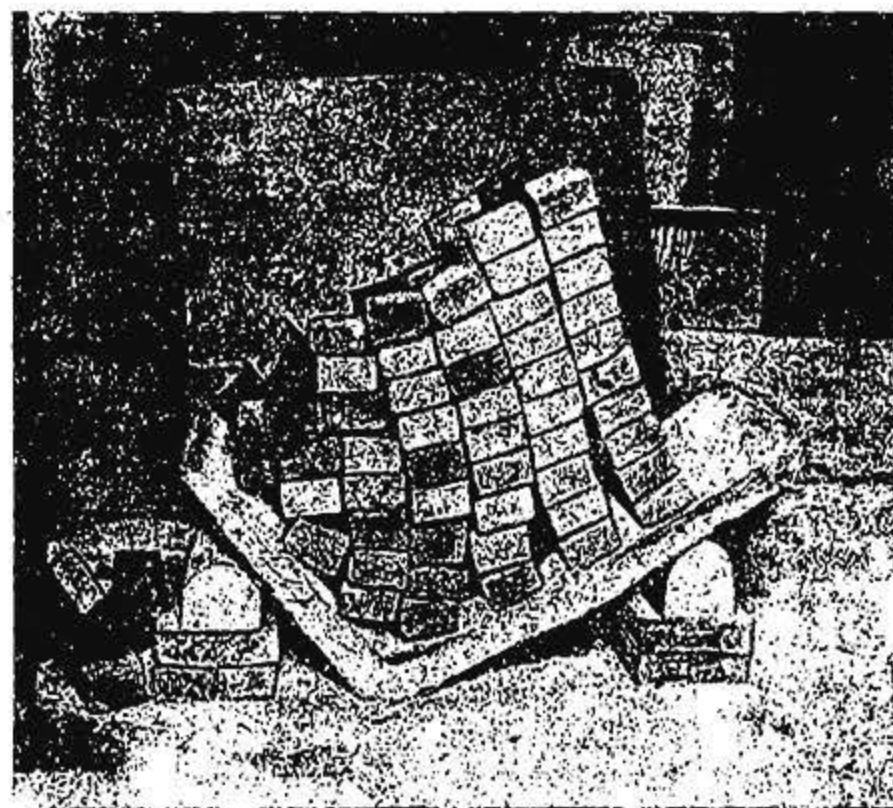
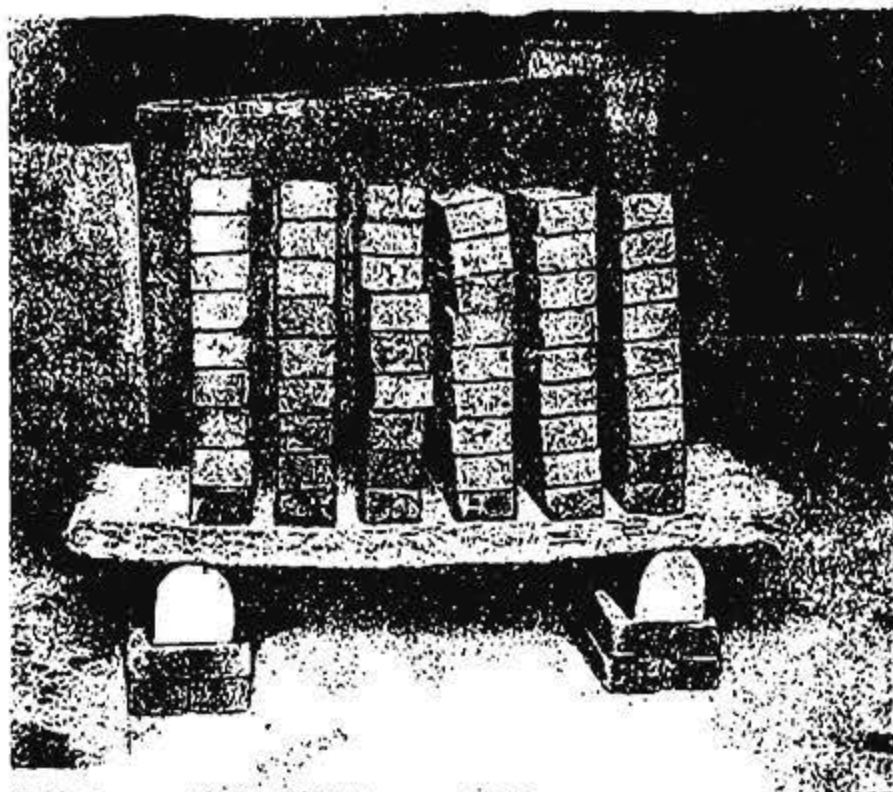
Продуваемость. Фибролит сильно продуваем и должен поэтому защищаться хорошей наружной и внутренней штукатуркой. Дефекты в штукатурке (трещиноватость) приводят к резкому ухудшению теплового режима внутри помещений.

Теплопроводность. Теплопроводность фибролита (λ) зависит от его объемного веса. Согласно испытаниям теплотехнического института при объемном весе в 300 кг/м^3 $\lambda = 0,065$, при объемном весе в 350 кг/м^3 $\lambda = 0,11$, при 400 кг/м^3 $\lambda = 0,13$, при 450 кг/м^3 $\lambda = 0,155$ и при 500 кг/м^3 $\lambda = 0,18$.

Звукопроницаемость. Имевшие место наблюдения над службой фибролита в перегородках свидетельствуют о его звуконепроницаемости при достаточно большом объемном весе (не менее 450 кг/м^3) и достаточной толщине плит (не менее 7 см при внутриквартирных перегородках и 14 см при междуквартирных).

Огнестойкость. Огнестойкость магнезиального фибролита характеризуется присутствием ему свойством не возгораться и не поддерживать горения. Огнестойкость может быть повышена большей минерализацией фибролита и усилением прессования. Известково-диатомовый фибролит обладает меньшей огнестойкостью, чем магнезиальный.

Содержание хлора выщелачиваемых солей в магнезиальном фибролите на хлормангнии. Под хлором выщелачиваемых солей подразумевается хлор, связанный с магнием, кальцием и т. д. и образующий



Фиг. 106 и 107. Испытание фибролитовых плит на изгиб равномерно распределенной нагрузкой.

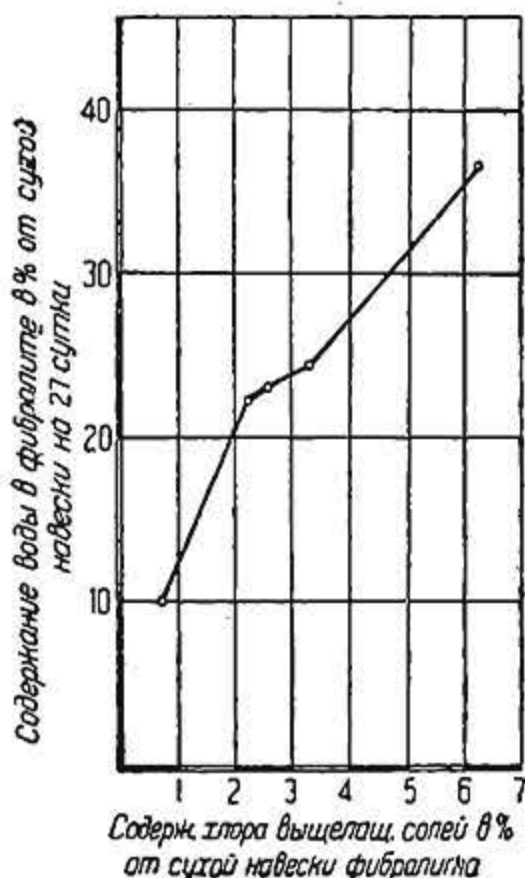
магнесье, кальциевые и иные соли хлора. Соли эти чрезвычайно вредны, так как, будучи сильно гигроскопичными, они интенсивно поглощают влагу и выщелачиваются ею, что приводит к сырости покрывающих фибролит штукатурок, к загниванию его в стенах и в конечном результате — к разрушению фибролита. Так например при избытке в фибролите хлористого магния последний при оштукатурке фибролита известковым раствором входит в соединение с окисью кальция и образует хлористый кальций, обуславливающий еще большую гигроскопичность материала. В связи с этим содержание хлора выщелачиваемых солей не должно быть более 2,5% (считая на просушенную до постоянного веса навеску).

В лаборатории Института сооружений был проделан следующий опыт: в эксикатор были помещены образцы фибролита с различным содержанием хлористого магния, чистой спрессованной стружки и фибролита, сделанного на сернокислом магнии. На дно эксикатора была налита вода, и испытуемые образцы следовательно находились в пространстве, насыщенном парами воды.

Наблюдения показали, что сухие образцы первоначально поглощают влагу до некоторого предела, по достижении которого дальнейшее увеличение влажности весьма незначительно.

Наибольшее количество влаги поглотил фибролит, содержащий 6,12% хлора выщелачиваемых солей, затем фибролит с содержанием хлора в 3,3%, далее стандартный фибролит и чистая древесная стружка. Наименьшее поглощение влаги имело место в фибролите на сернокислом магнии.

Содержание влаги. Содержание влаги в магниальном фибролите во время эксплуатации зависит от совершенства сушки и от содержания хлора выщелачиваемых солей, а в известково-диамотовом — от совершенства сушки. При стандартном содержании хлора (2,5%) влажность плит равняется 23,5% на сухую навеску (или 19% на влажную навеску), что соответствует влажности воздушно-сухого дерева. Содержание хлора выше 2,5% создает в фибролите содержание



Фиг. 10с. Зависимость влажности фибролитовой плиты от содержания хлора выщелачиваемых солей.

влага выше допустимых пределов (т. е. более 23% на просушенную до постоянного веса навеску), что может повлечь за собой вышеуказанные нежелательные явления (фиг. 108). Содержание влаги в известково-диамотовом фибролите не должно быть меньше 30—35%, так как в противном случае создаются неблагоприятные условия для известково-диамотовых соединений.

Водонасыщение и водостойкость. Водонасыщение магниального и доломитового фибролитов весьма значительно, доходя до 100—110%, причем у доломитового фибролита оно все же меньше, чем у магниального.

Что касается водостойкости магниального фибролита, то наблюдения показали, что механическая прочность образцов, находившихся в воде в течение 3 суток, не снижается.

Гигроскопичность. Магниальный фибролит на хлормагнии является сильно гигроскопичным материалом; поэтому он непригоден для применения в сырых местах. Такой фибролит при выпуске из производства будет сухим, но в результате повышенного содержания хлора выщелачиваемых солей будет постепенно набирать влагу.

НТБ
ДНУЖТ

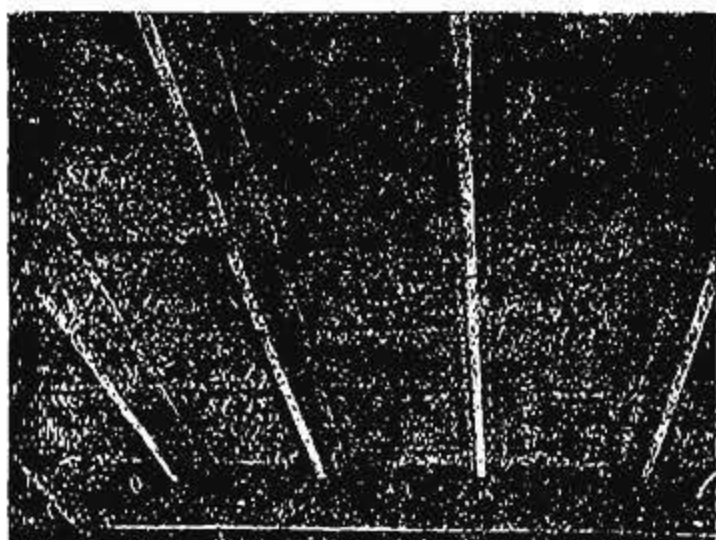
Гигроскопичность характеризуется данными, приводимыми в следующей таблице.

Таблица 59

Гигроскопичность хлормagneзиевого фибролита.

| Наименование материала | Содержание хлора | Влажность | | | | |
|------------------------|------------------|----------------|---------|---------|----------|----------|
| | | первоначальная | через 4 | через 8 | через 17 | через 27 |
| | | | суток | суток | суток | суток |
| в процентах | | | | | | |
| Стружка прессованная | — | 1,78 | 15,70 | 15,83 | 15,80 | — |
| Фибролит | 0,67 | 4,12 | 8,11 | 9,95 | 10,79 | 11,14 |
| " | 2,20 | 12,34 | 14,32 | 17,81 | 20,76 | 22,67 |
| " | 2,50 | 8,23 | 15,40 | 16,37 | 21,70 | 23,51 |
| " | 3,30 | 13,42 | 13,66 | 19,95 | 24,04 | 24,93 |
| " | 6,12 | 11,67 | 20,21 | 27,13 | 36,07 | 36,13 |

Гигроскопичность доломитового фибролита значительно меньше и увеличение влажности к 30 дням обычно не превышает 15—20%. Это объясняется тем, что при изготовлении доломитового фибролита расходуется больше вяжущего, чем при магниальном фибролите, и волокна фибролита совершеннее покрыты слоем вяжущего. Помимо этого и плотность самого вяжущего при использовании каустического доломита по-



Фиг. 109. Изоляция междуэтажного перекрытия фибролитом.



Фиг. 110. Подшивка потолка фибролитом.

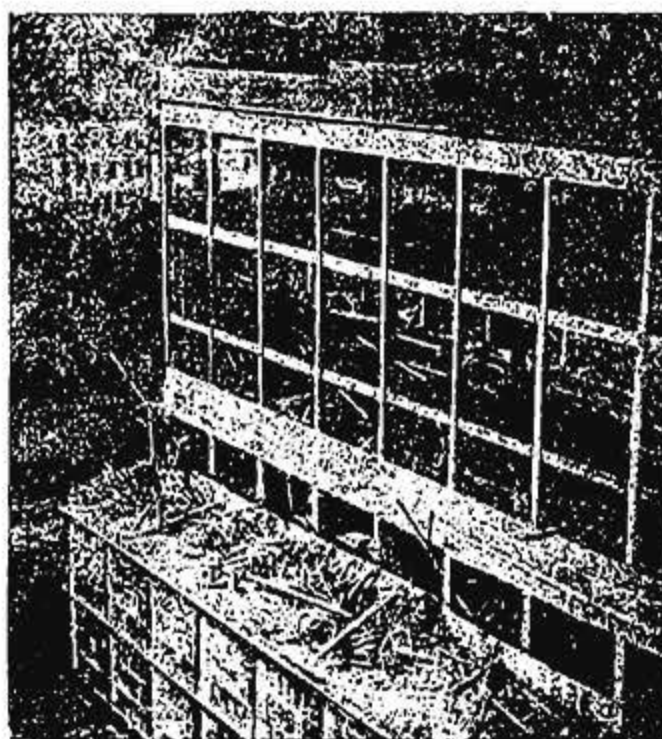
вышена, вследствие наличия в нем значительного количества инертного материала (CaCO_3).

Поражаемость домовым грибком (*Megulius lacrimans*). Наличие в массе фибролита магниального цемента, а при употреблении хлористого магния еще железного купороса, предохраняет магниальный фибролит от поражения домовым грибком. Теоретические предположения подтверждаются исследованиями Института сооружений, установившими относительно слабое действие домового грибка на древесину фибролита.

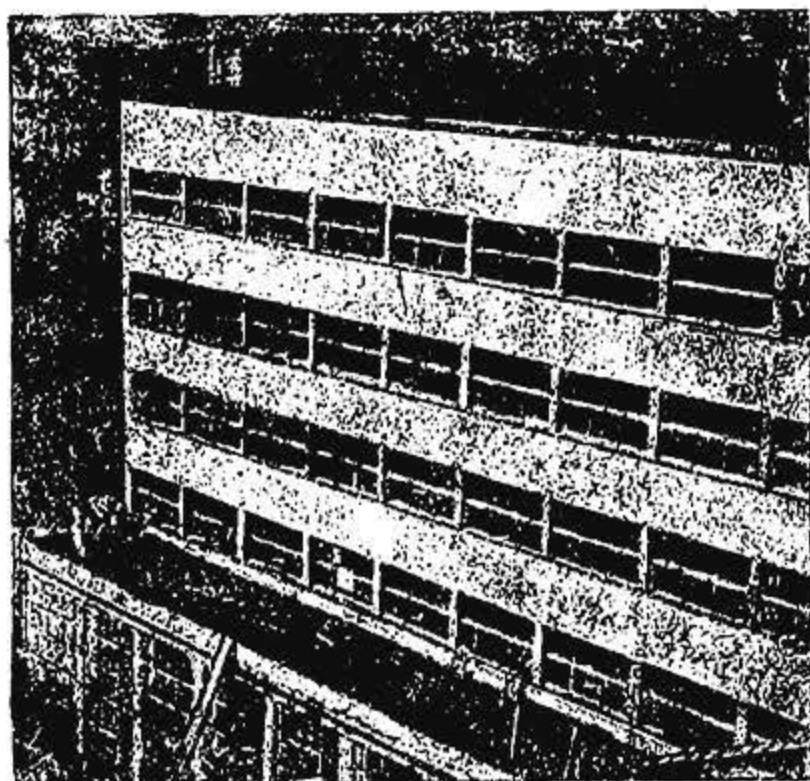
Известково-диатомовый фибролит с влажностью, большей 35%, поражается домовым грибком. Несмотря на то, что влажность фибролита обычно меньше критической, все же при его применении необходимо проводить те же предохранительные мероприятия, что и при применении дерева.

Удобство обработки. Фибролит можно резать, пилить, сверлить, склеивать. Плиты хорошо принимают гвозди и выдерживают при этом сосредоточенную нагрузку. Шероховатость поверхностей обуславливает хорошее сцепление со штукатуркой.

Применение фибролита. Фибролитовые плиты могут применяться для возведения различных частей зданий: наружных стен, перегородок, потолочных



Фиг. 111 а.



Фиг. 111 б.

Фиг. 111. Заполнение фибролитом железобетонного каркаса и утепление его (Москва, дом РЖСКТ „Показательное строительство“). Фиг. а — начало работ по заполнению; фиг. б — оштукатуренное фибролитовое заполнение и утепление.

Располагаться фибролитовая плита должна, как всякая термоодежда, снаружи, так как в этом случае термоизоляция находится в наилучших условиях работы. Установка термоизоляции с внутренней

и кровельных перекрытий (фиг. 109 и 110), для утепления полов и т. д.

Наружные стены. При возведении наружных стен фибролитовые плиты могут быть рассматриваемы как утеплитель утоненной кирпичной, бетонной или деревянной стены, как материал для заполнения каркасных систем (фиг. 111а и 111б), как самонесущий материал и как элемент сборной конструкции.

Превосходство термических свойств фибролитовых плит по сравнению с кирпичными стенами наглядно видно из таблицы 60.

Таким образом при объемном весе фибролита около 400 кг/м^3 , при наружной штукатурке и внутренней затирке, возможно возве-

дение наружных стен толщины, показанной в табл. 61.

По показателям, приведенным в табл. 60 и 61, видно, что в случае применения во 2-м климатическом поясе фибролитовых плит в качестве утеплителя возможно возводить кирпичную стену толщиной в $1-1\frac{1}{2}$ кирпича (или стену из иных материалов, идентичную по своим теплотехническим свойствам) с утеплением фибролитовой плитой в 7 см^1 . Кроме того на основании тех же таблиц можно сделать вывод, что изготовление фибролитовых плит одной и той же толщины вне зависимости от климатической зоны и объемного веса фибролита, как это установлено ныне действующим ОСТ, является нецелесообразным.

¹ При утолщении плиты в случае повышения объемного веса последней.

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 60

Теплотехнические показатели конструкций наружных стен с применением фибролита

| Наименование конструкций | Общее термическое сопротивление $R_{об} = 1/K$ | Коэффициент общей теплопередачи K | Коэффициент теплоустойчивости | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | | | при одной топке в сутки | при двух топках в сутки |
| Наружная стена в 1 кирпич, облицованная фибролитом толщиной в 7 см и внутри с внутренней штукатуркой. | 1,22 | 0,82 | 4,37 | 5,15 |
| Наружная стена в 1 кирпич, облицованная фибролитом толщиной в 7 см с наружи с наружной и внутренней штукатуркой при объемном весе фибролита в 400 кг/м ³ . | 1,26 | 0,80 | 6,27 | 6,95 |
| Каркасная наружная стена с заполнением фибролитом толщиной в 14 см с наружной штукатуркой и внутренней затиркой при объемном весе фибролита в 400 кг/м ³ . | 1,49 | 0,67 | 4,75 | 5,67 |
| Кирпичная стена в 2 1/3 кирпича на холодном растворе | 1,123 | 0,89 | 5,62 | |

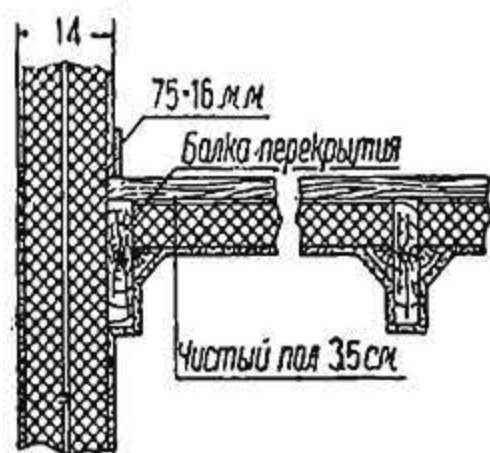
Таблица 61

Толщина наружных стен при применении фибролита

| Климатическая зона | Центральное отопление | Местное отопление | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| | | 1 раз в сутки | 2 раза в сутки |
| 1 | 14 | 22 | 18 |
| 2 | 11 | 18 | 14 |
| 3 | 9 | 14 | 12 |
| 4 | 7 | 10 | 9 |

стороны стены дает, конечно, значительное упрощение производства работ. Однако этот способ установки фибролитовых плит нельзя рекомендовать для широкого применения, с одной стороны, потому, что в этом случае получается недостаточная теплоустойчивость ограждения, а с другой — потому, что внутренний теплый воздух, проникая через термоизоляцию, неизбежно будет давать конденсацию влаги на холодной поверхности стены. Термоизоляция будет постоянно сырой, так как не имеет возможности отдавать влагу наружному воздуху, от которого она отделяется наружной стеной. Избежать этого дефекта возможно лишь при условии покрытия внутрен-

ней поверхности термозоляции под внутренней штукатуркой изоляционной бумагой или же плотной цементной штукатуркой.



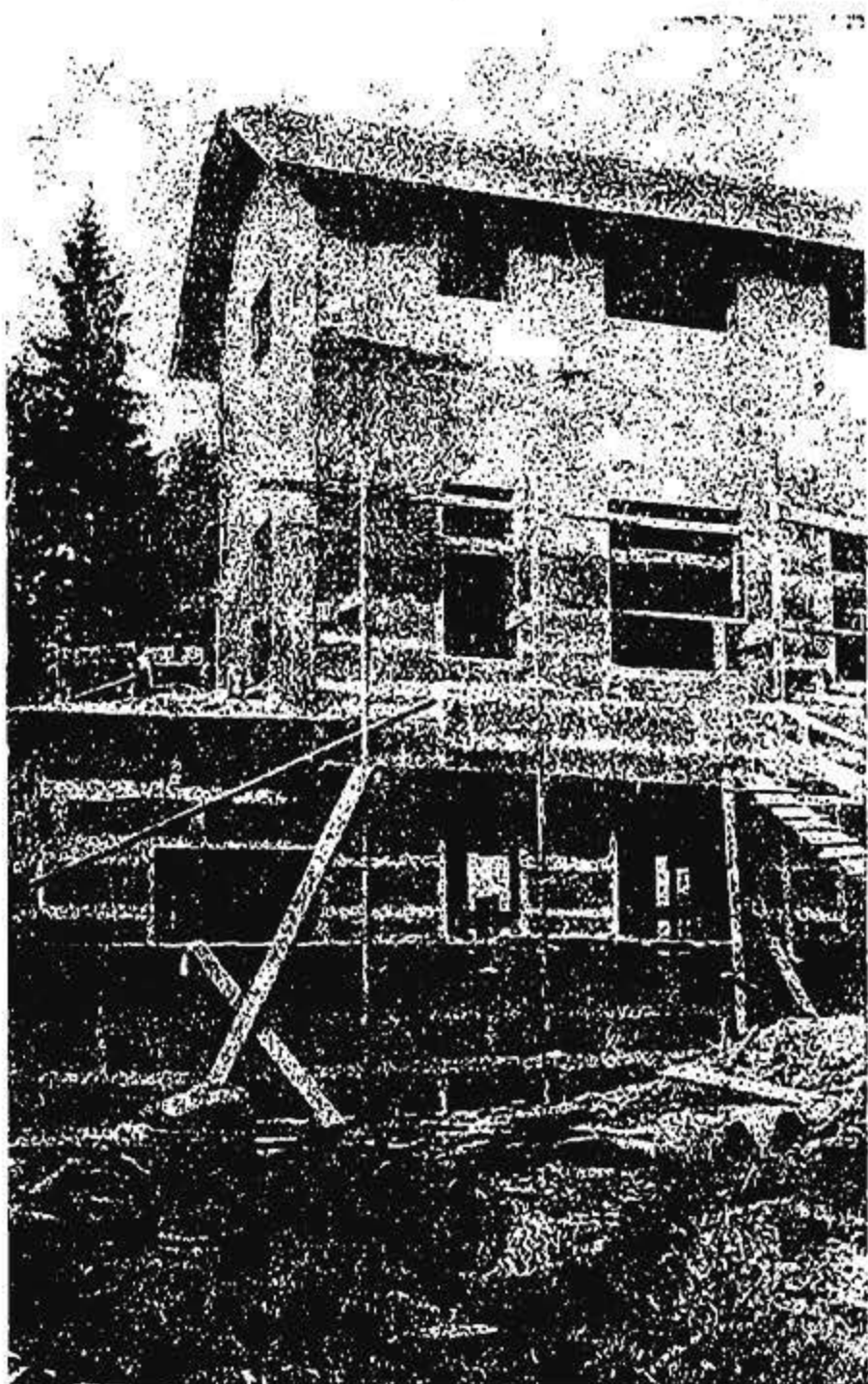
Фиг. 112. Наружная стена из двух слоев фибролита; перекрытие утеплено фибролитом.

Фибролитовая плита должна прикрепляться к стене на известково-алебастровом или известково-цементном растворе без воздушных прослоек между стеной и плитой. При этом способе прикрепления отсутствует опасность оледенения, отсыревания и т. п. фибролитовых плит. Для увеличения прочности скрепления можно дополнительно закреплять фибролитовые плиты проволокой или костыльками, закладываемыми в швы кладки.

Устройство термозоляции на монолитном бетоне не представляет затруднений при условии прикрепления ее гвоздями или проволокой к деревянным рейкам, заделанным в бетон, в процессе кладки такового.

По установке плиты производится ее оштукатурка. Штукатурный намет (толщина 1,5—2 см) может наноситься лишь при достаточной сухости фибролита.

Более правильным решением, нежели утепление утепленных стен, является применение фибролита в качестве сплошного заполнения каркасных систем или в качестве самонесущего материала. При этом возможно употребление одинарных плит толщиной в 14 см¹ или спаривание двух плит обычной толщины (по 7 см). Опыт 1930 г. (РЖСКТ „Показательное строительство“) показал, что лучшие результаты получаются при употреблении сдвоенных плит, так как в этом случае осуществляется должная перевязка и отсутствует опасность продувания швов (фиг. 112). Плиты примораживаются друг к другу на растворе и сшиваются дубовыми нагелями. Снаружи наносится теплая известково-цементная штукатурка и изнутри обыкновенная штукатурка.



Фиг. 113. Фибролитовый дом в поселке „Сокол“ (Москва). Внутренние стены — несущие (дерево); наружные стены — самонесущие.

¹ Вторая климатическая зона при объемном весе около 400 кг/м³.

Устройство несущего каркаса является в ряде случаев нецелесообразным с экономической точки зрения. Бескаркасное же строительство (одно- и двухэтажное) может иметь место лишь в том случае, если прочность фибролита удовлетворяет требованиям статического расчета. Однако в настоящее время на такую прочность рассчитывать нельзя. В связи с этим инж. А. С. Некрасовым предложена уже испытанная в строительстве СССР система применения фибролита без наружного каркаса, но в сочетании с внутренними деревянными рамами, воспринимающими нагрузки от перекрытий („ячейковая“ система) (фиг. 113).

Большое значение имеет также применение фибролита в деревянном стандартном строительстве, как в щитовом, так и в каркасном, особенно учитывая возможность кругло-годичного строительства. Прикрепление плит к стойкам каркаса производится гвоздями (125 мм), под которые подкладываются шайбы из кровельного железа или фанеры, размером 5 × 5 см.

Запас прочности при фибролите, как и при всякой термозоляции, принимается четырехкратный.

Перегородки. При выборе того или иного вида фибролита для устройства перегородок необходимо исходить из объемного веса фибролита. С точки зрения облегчения конструкции желателен фибролит с наименьшим объемным весом (магнезиальный и известково-диатомовый, изготовляемый путем запарки под давлением). Но у такого фибролита будет недостаточная звукозаглушаемость и теплоемкость, что приведет в конечном результате к неудовлетворительному решению (см. подробно „Перегородочные материалы“). Поэтому фибролит с малым объемным весом не должен применяться в перегородках. При этом необходимо также учитывать, что употребление фибролита с малым объемным весом для возведения наружных ограждений является более эффективным с экономической точки зрения.



Фиг. 114. Перегородки из фибролитовых плит.

Внутриквартирные перегородки устраиваются из плит толщиной в 7 см, устанавливаемых на гипсовом растворе (фиг. 114). Толщина междуквартирных перегородок должна быть не меньше 12—14 см. Готовая перегородка штукатурится с обеих сторон известково-алебастровым раствором.

При приготовлении фибролита на хлормagne и избыточном содержании хлора выщелачиваемых солей возможно появление на известково-гипсовой штукатурке пятен (CaCl_2). Наличие новообразовавшегося хлористого кальция обуславливает повышенную гигроскопичность фибролита и ощущение сырости в дальнейшем.

Если взамен известково-гипсовой штукатурки применять гипсовую, то выщелачиваемые соли кристаллизуются в штукатурке в виде небольших щелевых отложений, поглощающих влагу и также образующих сырые пятна. В обоих случаях неизбежно разрушение штукатурки, покраски и обоев.

Появление пятен может быть устранено осмолением фибролита и отштукатуркой по смоляному слою (сцепление вполне удовлетворительное), или же отказом от применения фибролита на хлористом магнии.

Характерно отметить что появление влажных пятен может иметь

место также и при неоштукатуренном фибролите (образование соляной кислоты).

Общие замечания о фибролите в конструкции. Ниже приведены подсчеты, характеризующие экономику применения фибролита и его возможную роль в нашем строительстве. Эти данные являются неполными и нехарактерными без предварительного освещения вопроса об амортизационных сроках фибролита, расходов на поддержание его в исправности и санитарно-технических условиях в зданиях, из него возведенных.

Амортизационные сроки фибролитовых построек до сего времени вследствие недавнего начала его производства не уточнены. В Германии и Австрии известны дома из гераклита (материал, подобный магнезиальному фибролиту на серноокислом магнии), стоящие свыше 15 лет. Возможно предположить значительно больший срок службы фибролита, исходя из того, что органический наполнитель достаточно антисептирован, а вяжущее вещество обладает необходимой устойчивостью против атмосферных влияний.

Что касается стоимости ежегодного ремонта фибролитовых сооружений, то ни наш опыт, ни данные иностранной литературы не дают нам нужных указаний. Возможно предположить, что фибролит потребует лишь незначительного текущего ремонта, сводящегося к оштукатурке и побелке.

Санитарно-гигиенические условия фибролитовых зданий зависят от вида примененного фибролита. При употреблении магнезиального фибролита на хлористом магнии и при избытке хлорвыщелачиваемых солей возможно развитие в фибролите гнилостных процессов, дающих неприятный запах и кроме того ощущение сырости. Фибролит на серноокислом магнии менее чувствителен к сырости, но все же его желательно применять в более сухих местах. Что касается известково-трепельного фибролита, то отсут-

Таблица 62

Сравнительный вес 1 м² стены в кг

| Наименование материала | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите во 2-м климатическом поясе | Объемный вес материала в кг/м ³ | Вид раствора | Вес (без каркаса) | | | |
|--|--|--|--------------|-------------------|----------|------------|-------|
| | | | | материала | раствора | штукатурки | Всего |
| Кирпич обыкновенный | 64 | 1800 | Холодный | 869 | 322 | — | 1191 |
| Кирпич обыкновенный | 51 | 1800 | Теплый | 698 | 212 | — | 910 |
| Кирпич обыкновенный | 43 | 1800 | Теплый | 522 | 212 | 21 | 755 |
| Кирпич известково-песчаный | 64 | 1800 | Холодный | 869 | 322 | — | 1191 |
| Фибролит магнезиальный и известково-диатомовый при центральном отоплении | 14 | 300—450 | Теплый | 56 | 10 | 28 | 94 |
| То же при печном отоплении | 18 | 300—450 | Теплый | 72 | 10 | 28 | 110 |
| Фибролит известково-диатомовый | 21 | 600 | Теплый | 122 | 10 | 21 | 153 |

Сокращение потребности в строительной работе

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 65

Сравнительная потребность в вагонах для транспорта кирпича и фибролита

| Материал | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите | Количество на 1 м ² стены | Количество на 1000 м ² стен | Потребное количество вагонов |
|---|---|--------------------------------------|--|------------------------------|
| Кирпич обыкновенный и известково-песчаный . | 64 | 262 | 200 000 | 52,0 |
| Кирпич обыкновенный . | 51 | 210 | 210 000 | 42,0 |
| Кирпич обыкновенный . | 43 | 157 | 159 000 | 32,0 |
| Ф и б р о л и т | 14 | 0,14 м ³ | 140 м ³ | 5,6 |
| " | 18 | 0,18 " | 180 " | 7,2 |
| " | 21 | 0,21 " | 210 " | 8,4 |

Сокращение потребности в гужевом транспорте. Не менее существенна экономия в отношении гужевого и автомобильного транспорта.

Таблица 66

Сравнительная потребность в гужтранспорте на 1 м² стены

| Наименование материала | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите | Вес материалов на 1 м ² , подлежащих перевозке | | | Всего кг | Грузоподъемн. 1 лошади в кг | Количество ездов в сутки при расстоянии возки в 6 км | Потребность в конеднях |
|---|---|---|---|---------|----------|-----------------------------|--|------------------------|
| | | стеновых материалов с учетом бол. | сухих материалов для приготовления раствора | | | | | |
| | | | строит. | штукат. | | | | |
| Кирпич обыкновенный и известково-песчаный | 64 | 938 | 313 | — | 1251 | 1100 | 2 | 0,58 |
| Кирпич обыкновенный | 51 | 755 | 206 | — | 961 | 1100 | 4 | 0,44 |
| Кирпич обыкновенный | 43 | 565 | 206 | 20 | 791 | 1100 | 4 | 0,36 |
| Фибролит | 14 | 56 | 10 | 27 | 93 | 850 | 4 | 0,06 |
| " | 18 | 82 | 10 | 27 | 109 | 850 | 4 | 0,06 |
| " | 21 | 122 | 20 | 13 | 155 | 950 | 4 | 0,06 |

Сокращение расхода топлива. Большое значение имеет значительное сокращение расхода топлива.

Таблица 67

Сравнительная потребность в условном топливе на 1 м² стены (учитывая расход топлива на обжиг сырья)

| Наименование материала | Толщина стены в см при одинаковой теплозащите | Расход топлива в кг | | |
|--|---|----------------------|------------|-------|
| | | на стеновой материал | на раствор | Всего |
| Кирпич обыкновенный строительный | 64 | 66 | 4,5 | 70,5 |
| Кирпич обыкновенный строительный | 51 | 53 | 3,5 | 56,5 |
| Кирпич обыкновенный строительный | 43 | 40 | 9,5 | 49,5 |
| Кирпич известково-песчаный | 64 | 43 | 4,5 | 47,5 |
| Фибролит магнезиальный | 14 | 12,5 | 0,3 | 12,8 |
| Фибролит известково-диатомовый | 14 | 34,5 | 0,3 | 34,8 |

Размер капиталовложений в строительство производственных предприятий. С народно-хозяйственной точки зрения имеет чрезвычайное значение размер капиталовложений в строительстве новых предприятий.

Сравнительные капиталовложения на строительство новых производственных предприятий, приведенные к 1 м² стен.

Таблица 68

| Материал | Толщина стен в см при одинаковой теплозащите | Капиталовложения на 1 м ² стены | Примечание |
|-----------------------|--|--|--|
| Кирпич обыкновенный | 64 | 21,00 | На единицу продукции принять следующий размер капиталовложений: на 1000 шт. обывк. кирпича — 80 руб. и силикатного 45 руб. |
| " " | 51 | 16,80 | |
| " известково-песчаный | 43 | 12,60 | |
| " силикатный | 64 | 11,80 | |
| Фибролит | 14 | 2,10 | |
| " | 18 | 2,70 | на 1 м ³ известково-диатомового фибролита — 15 руб. и магнезиального 15 руб. |
| " | 21 | 3,15 | |

Помимо изложенного полезно привести несколько сравнительных данных, характеризующих возможность использования существующих заводов по производству силикатного кирпича для изготовления силикатного фибролита.

Таблица 69

Эффективность запорчных котлов.

| Материал | Производительность котла при одной загрузке | Оборачиваемость котла в сутки | Годичная производительность при 330 раб. днях в году (при одном и том же количестве простоев) | Количество м ² стены из данной продукции |
|-------------------|---|-------------------------------|---|---|
| Кирпич силикатный | 12 600 шт. | 1,5 | 6 237 000 шт. | 22 900 |
| Фибролит | 210 м ² | 2,0 | 138 600 м ³ | 69 300 |

Таким образом использование существующего промфонда повышается при переводе заводов силикатного кирпича на производство фибролита примерно в 3 раза. При этом следует учесть еще и уменьшение брака продукции и снижение простоев силикатных прессов, а именно: процент брака при производстве силикатного кирпича, планируемый с учетом торгового брака, равняется 3¹/₂. Фактически же брак значительно выше и доходит до 7—9%. Между тем при производстве фибролита процент брака ничтожен. Простои из-за стирания и поломок прессов на заводах силикатного кирпича несомненно значительно длительнее, чем возможные простои при производстве фибролита.

Перспективы развития производства фибролита. Из вышесказанного видно, что, потребление фибролита может и должно принять чрезвычайно большие размеры. В этом отношении весьма показателен пример Австрии и Германии, где, несмотря на сравнительно большую номенклатуру производимых новых строительных материалов, фибролит получил очень большое распространение в жилищном и сельскохозяйственном строительстве.

В СССР спрос на фибролит будет предъявлен, как можно предполагать, главным образом по линии городского и поселкового жилищного и сельскохозяйственного строительства и в незначительной степени по линии промышленного строительства.

Совершенно несомненно, что темпы развития производства фибролита в СССР должны быть совершенно иными, нежели в Зап. Европе. Бурно развивающееся промышленное строительство, тесно связанное со строительством рабочих поселков, эпоха коллективизации сель-

НТБ
ДНУЖТ

ского хозяйства, общее повышение бюджетного уровня рабочего класса и т. д. — создают необходимость в срочном строительстве зданий, хотя бы рассчитанных на меньший срок амортизации, чем обыкновенное кирпичное здание.

Что касается имеющихся ресурсов сырья для фибролита, то нужно сказать следующее. Сырьевые базы для производства магнезиального фибролита относительно ограничены как в смысле вяжущего, так и наполнителя. Однако развитие разработок халиловского месторождения магнезита и освоение каустического доломита значительно расширяют возможности производства магнезиального фибролита, являющегося по своим теплотехническим свойствам прекрасным материалом для наружных ограждений.

Сырьевые же ресурсы для изготовления известково-диатомового фибролита более обширны, но следует заметить, что далеко не все месторождения диатомитов, например малоактивных, возможно использовать. Что же касается замены древесной шерсти каким-либо иным наполнителем (например, камыш, корье и т. д.), то качество фибролита на перечисленном сырье всегда будет хуже древесношерстного.

Выбор того или иного фибролита для его производства обуславливается тремя факторами: 1) необходимым из конструктивных соображений объемом весом плит, 2) имеющимся сырьем и 3) тем технологическим оборудованием, которое возможно использовать. Размер предприятий определяется размером сырьевых баз. Должны строиться не только крупные заводы, но и небольшие предприятия (стройдворы, кустарные мастерские, подсобные цеха). Совершенно несомненно, что качество продукции механизированных заводов будет выше, а себестоимость ниже, чем на мелких производствах, но организация последних в ряде случаев дает возможность весьма эффективно использовать местные виды сырья, не прибегая к дорогостоящему транспорту.

Не следует упускать возможности использовать для производства силикатного фибролита существующие заводы силикатного кирпича, если последние не обеспечены прессовым хозяйством. Не отрицая необходимости и возможности сосуществования в ближайшие годы промышленности старых и новых стеновых (и перегородочных) материалов, необходимо все же учесть целесообразность более интенсивного использования существующего промфонда в целях смягчения имеющегося дефицита по строительным материалам.

ИЗДЕЛИЯ ИЗ СОЛОМЫ И КАМЫША

Имеется два метода использования органического волокна для изготовления строительных досок и плит: первый — путем прессования волокна и его вязки без какой-либо предварительной обработки (соломит, камышит) и второй — после предварительной химической обработки волокна с целью использования содержащихся в нем клеящих веществ, последующей прессовки и термической обработки (так называемые строморганики, в частности морозин и инсорит).

Камышит (соломит)

Определение. Камышит (соломит) представляет собой строительный материал, имеющий форму щитов и получаемый путем прессования камыша (соломы) между вертикальными рядами железной проволоки (называемыми основами), скрепленными между собой проволочными крючками, с расположением стеблей соломы (камыша) в поперечном направлении к проволочной основе (фиг. 115).

На соломитовых щитах проволоки следует размещать на расстоянии 15 см друг от друга; по камышитовому щиту это расстояние можно увеличить до 20 см. Количество крючков по вертикали составляет 8—10 (через 10—12 см).

Соломитовое производство возникло в России в 1906—1907 гг., когда впервые соломит был применен в качестве термоизоляционного материала при постройке изотермических вагонов. В заводском масштабе производство соломита началось на ныне существующем заводе при ст. Барыбино (Московской обл.) в 1910 г. Несмотря на достоинства соломита, последний до 1917 г. не имел широкого распространения, а в период с 1917 по 1924 г. соломитовое производство почти прекратилось, временами возобновляясь лишь в ничтожных размерах.

Что касается камышита, то использование камыша началось в Кубанской обл. еще во время империалистической войны. В 1918 г. был построен

в Краснодаре первый механический завод, оборудованный четырьмя вертикальными станками системы Энке. Завод проработал только один зимний сезон, так как ввиду наступившей гражданской войны производство было прекращено. В период с 1921 по 1924 г. завод работал периодически, с большими перебойми, и регулярное производство началось лишь в 1925 г.

Было изготовлено в 1930 г. около 1800 тыс. м² соломы и камышита на Сев. Кавказе и на ст. Барыбино.

За границей (Франция, Германия) имеется ряд акционерных обществ по производству соломитовых плит.

Сырье. Сырьем для производства соломитовых (камышитовых) плит являются солома, камыш и проволока.

Солома. Клетчатка соломы (и тростника) почти такова же, что и клетчатка древесины; внутреннее содержимое клеток соломы (тростника) также почти тождественно с содержимым клеток древесины. Временное сопротивление растяжению древесины и соломы почти одинаково и равно 10—12 кг/см². Главным отличием клетчатки соломы (тростника) от дерева является однородность строения, а по химическому составу большее содержание кремнезема.

Повышенное содержание кремнезема является положительным фактором, так как последний упрочняет кожу соломы.

Для изготовления соломы пригодна всякого рода солома: ржаная, пшеничная, стебли кукурузы и т. п.

Преимущественно употребляется солома ржаная и пшеничная. Большое значение имеет, каким способом производили обмолоты: ручным или машинным. Отличие соломы машинного обмолота (сбитой) от ручного (сноповой) заключается в том, что солома после машинного обмолота получается мятая, перебитая и короткая. Поэтому соломит из сноповой соломы

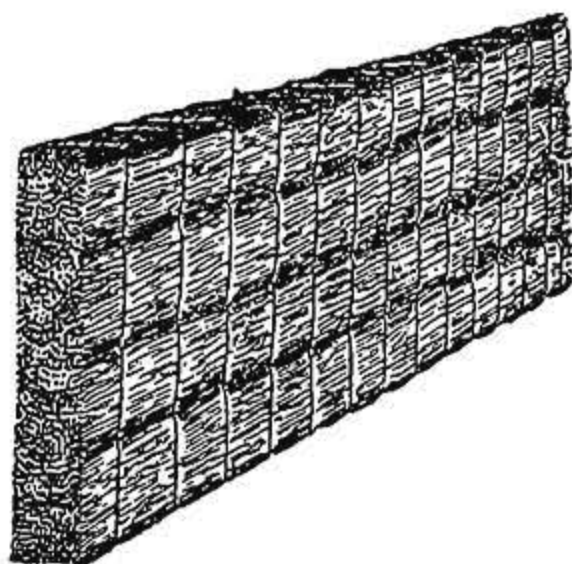
получается более ровный и более прочный. Дефекты, свойственные сбитой соломе, могут быть частично устранены при некотором усложнении производственных процессов, а именно; солому машинного обмолота необходимо предварительно сложить в кучи и затем брать в работу пучками из нижней части копны. При этом стебли соломы несколько выравниваются, следствием чего является улучшение качества соломы. Возможно также смешивать солому машинного обмолота со сноповой соломой или камышом; камыша или сноповой соломы добавляется до 100% по весу. Тем не менее применение соломы машинного обмолота возможно не во всех системах прессов.

При употреблении соломы ручного обмолота необходимо для предохранения соломы от поражения грызунами, предварительно отрубать от пучков колосья. В противном случае остающиеся в колосьях зерна являются приманкой для грызунов.

Солому машинного обмолота обрубить не нужно, вследствие почти полного отсутствия зерен в колосьях и трудности отделения колосьев от общей массы соломы.

Лучшим временем для заготовки соломы считается ранняя осень до начала осенних дождей.

Камыш. Под камышом, идущим на выработку камышитовых плит, понимаются — камыш, тростник и другие виды растений с трубчатым стеблем, толщиной не более 8 мм (толщина карандаша). Камыш ценен тем, что имеет ряд воздушных прослоек, разгороженных довольно жесткими



Фиг. 115. Общий вид соломитовой (камышитовой) плиты.

удлинными соединениями, что обуславливает его малую теплопроводность.

Заросли камыша встречаются по берегам и в устьях рек, в прудах и озерах, в болотистых местностях и на побережьях неглубоких морей. В большинстве случаев камыш произрастает на местах, постоянно покрытых водой (плавни).

Время заготовки камыша определяется моментом наступления его зрелости, признаком чего служат пожелтение стебля (примерно на половину) и опадение листьев. Такое пожелтение появляется в различных районах одновременно, в зависимости от климатических условий и от большей или меньшей сухости района зарослей. В северных и центральных районах полная зрелость камыша, сопровождающаяся наибольшей гибкостью и эластичностью, наступает в первый год роста, примерно в октябре. Камыш, срезанный позднее, а тем более на второй и последующий годы после урожая (так называемый старник), теряет свою гибкость и становится ломким и хрупким. Камыш, срезанный раньше времени (зеленый, незрелый), имеет мало древесины, хрупок и склонен к загниванию. В таких случаях необходимо выставлять камыш в связках стоймя на сухих местах в пирамидальные копны 2—3 недели для высыхания. Лишь после высушки возможно складывать камыш в скирды, с последующим покрытием тем же камышитом, камышом и т. д. При уборке камыша в скирды без предварительной подсушки неизбежно его загнивание.

Вполне зрелый камыш зимней заготовки невосприимчив к влаге и может храниться в скирдах без покрытия.

У заготовленного камыша должна быть отрублена метелка (примерно на $\frac{1}{2}$ м), чрезвычайно чувствительная к поражению домовыми грибами (см. дальше).

Способ сборки камыша зависит от расположения зарослей и от времени года.

Наиболее затруднительна осенняя сборка камыша на топких местах, едва покрытых водой (трясины). Вся работа съёмки камыша на трясилах должна производиться исключительно с мостков. Иногда рельеф местности (наличие кочек) не дает возможности косить камыш и обуславливает необходимость жать его серпами. В тех местах, где заросли камыша располагаются островками между полосками, возможна заготовка камыша с лодок.

Наиболее выгодна зимняя сборка камыша, при которой значительно упрощается и удешевляется работа и получается сырье лучшего качества. Этот способ обязательно применяется в плавнях, так как только в это время камыш становится доступным. Вся заготовка должна быть произведена сразу после заморозков, до выпадения большого количества снега, покрывающего камыш.

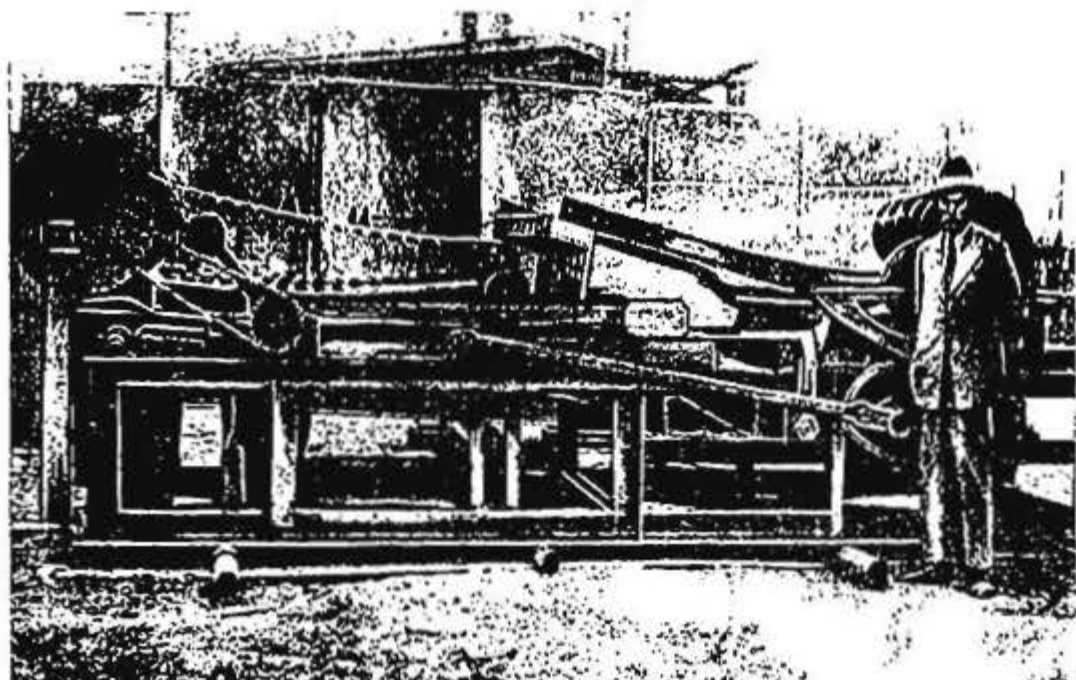
При зимней заготовке камыш снимается с замершего грунта без применения серпа, специальными косами или острыми, лучше всего стальными, лопатами. Стебли камыша подрубаются на льду и вяжутся в снопы.

Как видно из изложенного, методы сборки камыша, являясь чрезвычайно трудоемкими, не выгодны для народного хозяйства, поэтому следует стремиться к механизации процесса срезки камыша.

Необходимо заметить, что нередко не удаляют ни метелки, ни листьев, ни старника, и камышитовые плиты, изготовленные из такого сырья, весьма низкого качества и легко подвергаются грибковому загниванию.

Проволка. Для вязки плит в СССР употребляется мягкая проволока диаметром в 2 мм (основа) и 1,8 мм (крючки) для соломы и 2,2 и 2,0 мм — для камышита. В тех случаях, когда по условиям службы плит возможно разрушение проволоки вредными влияниями, например паровозными газами, или в тех случаях, когда необходима повышенная прочность плит, целесообразно употребление оцинкованной стальной проволоки.

Станки (пресса). Изготовление плит производится на прессах различных систем: ручном рычажном системы Гогина, тоже системы Чер-



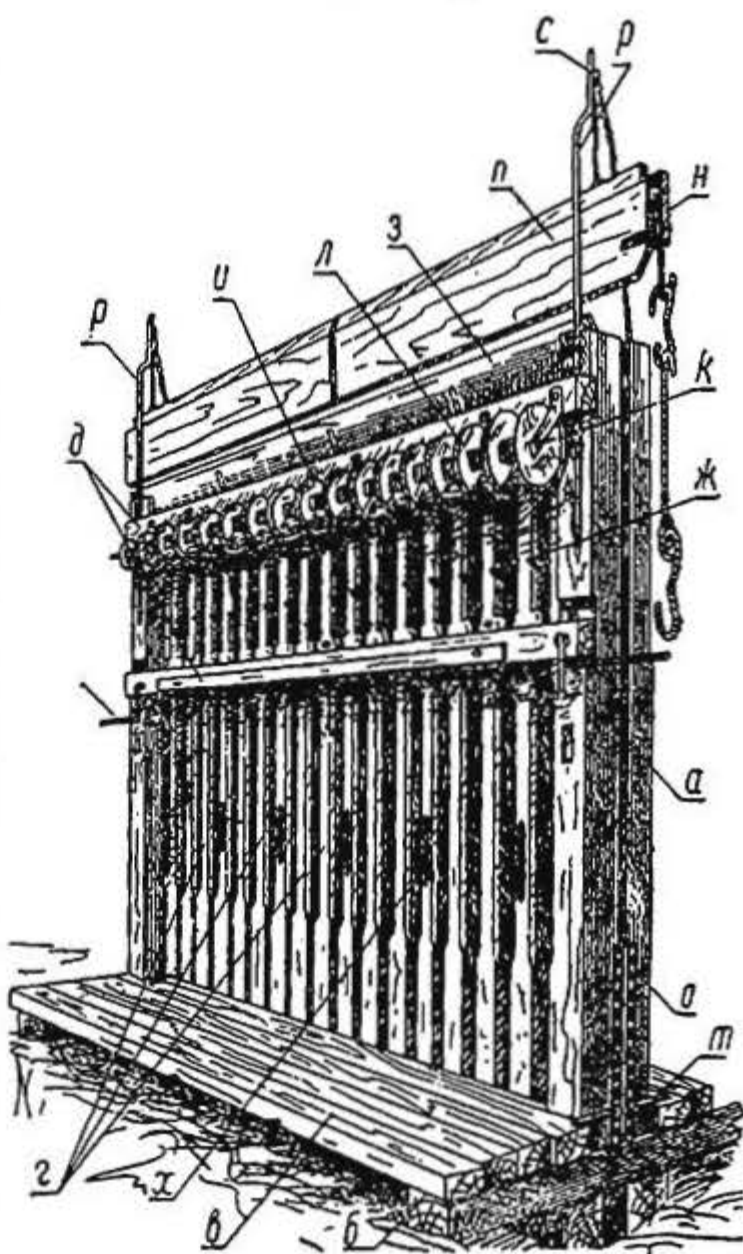
Фиг. 116. Камышитовый (соломитовый) пресс сист. Гуляева (общий вид).

кинского и Фельдмана, винтовом системы Гогина, Барыбинском полумеханическом и механическом прессе, механическом прессе „Энке“ механическом прессе Закавказского института сооружений, прессе Гуляева (фиг. 116) и т. д.

Производительность вышеупомянутых станков различна; так например пресса системы Гогина выпускают за 8-часовой рабочий день около 25 м^2 , пресс системы Черкинского и Фельдмана — 60 м^2 , Барыбинский полумеханический пресс $80\text{—}100 \text{ м}^2$ и механический пресс — 175 м^2 , пресс Энке — $180\text{—}200 \text{ м}^2$ и пресс Гуляева — 450 м^2 (в отличие от прочих прессов имеет место автоматическая прошивка щитов). Пресс Гогина обслуживается 3 рабочими; пресс Черкинского и Фельдмана — 4-мя; Барыбинский 9-ю и „Энке“ — 6 рабочими.

При использовании пресса любой системы качество камышитовых плит в основном зависит от четырех факторов: силы давления, равномерности загрузки сырья, достаточного натяжения проволок основы и соответствия размеров крючков заданной толщине щита.

Сила давления в полумеханизированных и механизированных прессах составляет $4\text{—}5 \text{ кг/см}^2$.

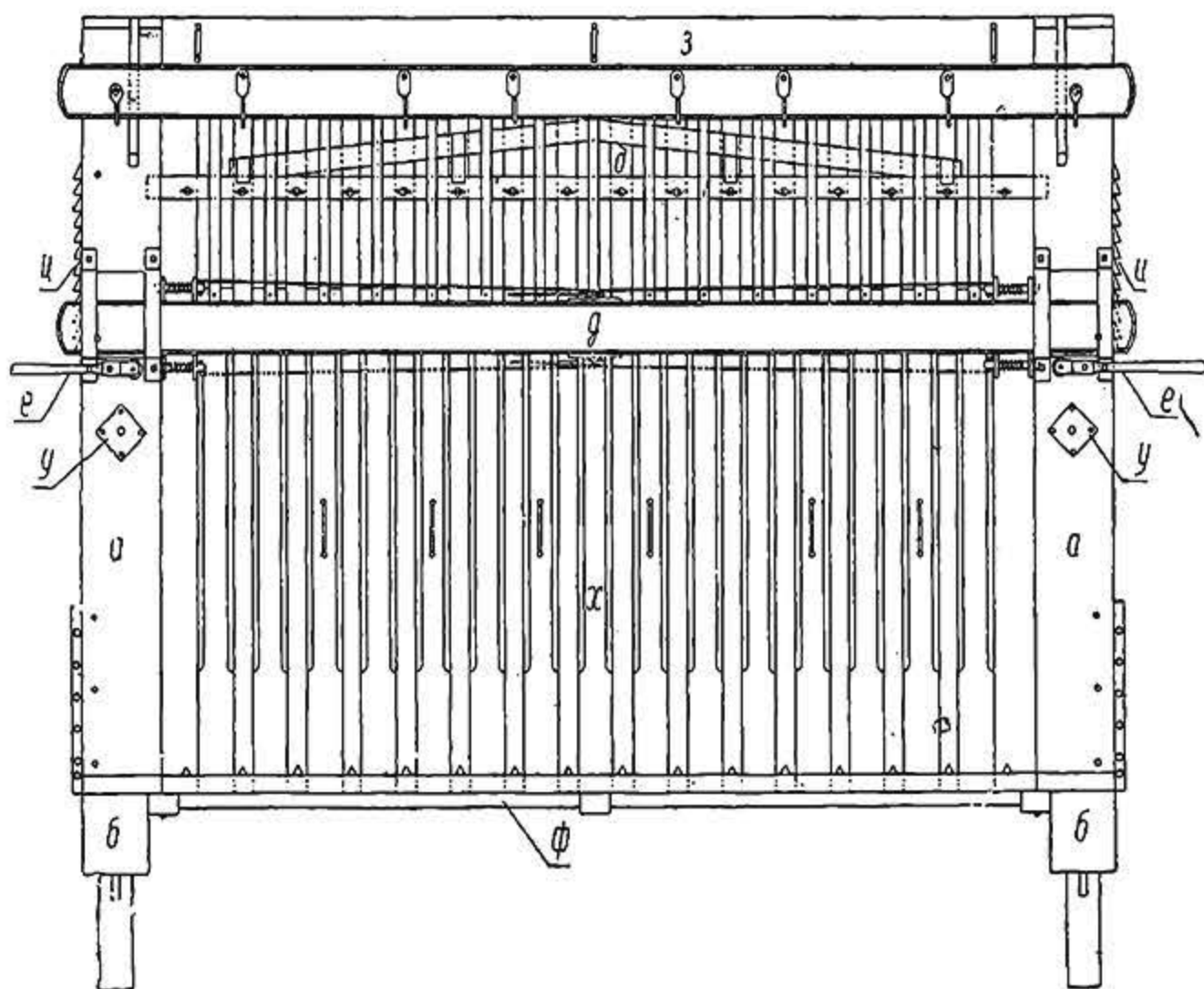


Фиг. 117. Пресс Черкинского и Фельдмана для приготовления камышитовых (соломитовых) плит — общий вид.

В ручных прессах оно значительно меньше, что и является причиной недостаточно высокого качества плит.

Производство. Поскольку изготовление камышовых (соломитовых) плит может происходить в зависимости от наличия сырья повсеместно, в условиях стройплощадки, ниже приводим описание работ по изготовлению плит на прессах наиболее распространенных систем. Наибольший интерес для производств небольшого масштаба представляет пресс Черкинского и Фельдмана. Недостатком пресса является незначительная сила прессования.

1) Пресс Черкинского и Фельдмана¹. Пресс состоит из четырех вертикальных стоек *а* высотой 2,7 м с сечением 150 × 250 мм, укрепленных шипами на 2 поперечных лежнях *б* (фиг. 117, 118 и 119). Послед-



Фиг. 118. Станок системы Черкинского и Фельдмана. Вид спереди.

ние соединены друг с другом половыми досками *в*. Расстояние между стойками по длине прессуемых щитов принято в 3,63 м. Стойки задней стороны укреплены на лежнях неподвижно; на передней же стороне стойки могут расширяться вверх, т. е. приближаться и отодвигаться от задних в зависимости от того, какой толщины предстоит выработать щиты. Перемещение стоек осуществляется парными ленточными болтами. На передней стороне пресса имеется 3 отъемных рамы, сделанных из деревянных планок *г*. Над рамами спереди и сзади прикреплены наглухо такие же планки *д*, имеющие внутри вырезки, по которым скользит железная сшивальная ферма. Стойки соединены между собой брусью сверху и посередине; при этом передний средний брус не укреплен наглухо и может подниматься для выемки рам при помощи двух небольших рычагов *е*. На верхних брусьях укреплены две доски *н*, образующие раструб для засыпки камыша (соломы).

¹ См. С. Ф. Виноградов, Камышит и соломит как новый вид огнестойких материалов, изд. КОИЗ 1931.

На верхнем переднем бруске *з* укреплено 5 кронштейнов *и*, свободные концы которых соединены железным прутом *к*, служащим осью свободно вращающихся катушек *л* с проволокой для поперечной сшивки щитов.

С задней стороны на уровне среднего бруса устроен помост из досок, на котором стоят рабочие, засыпающие прессуемое сырье.

Станок имеет 2 деревянных пресса, верхний и нижний, представляющие собой дубовые или березовые доски шириной в 25 см, заключенные между стойками. Толщина досок меняется в зависимости от толщины вырабатываемых щитов (на 5 мм меньше). Нижний пресс на концах окован угольниками, так называемыми башмаками *о*. В башмаках делаются отверстия диаметром в 30 мм, в которые вкладываются при прессовке крючки рычагов *т*. Верхняя сторона верхнего пресса для большей устойчивости окована полосовым железом *н*. На концах полосы загнуты крючки для навески цепей.

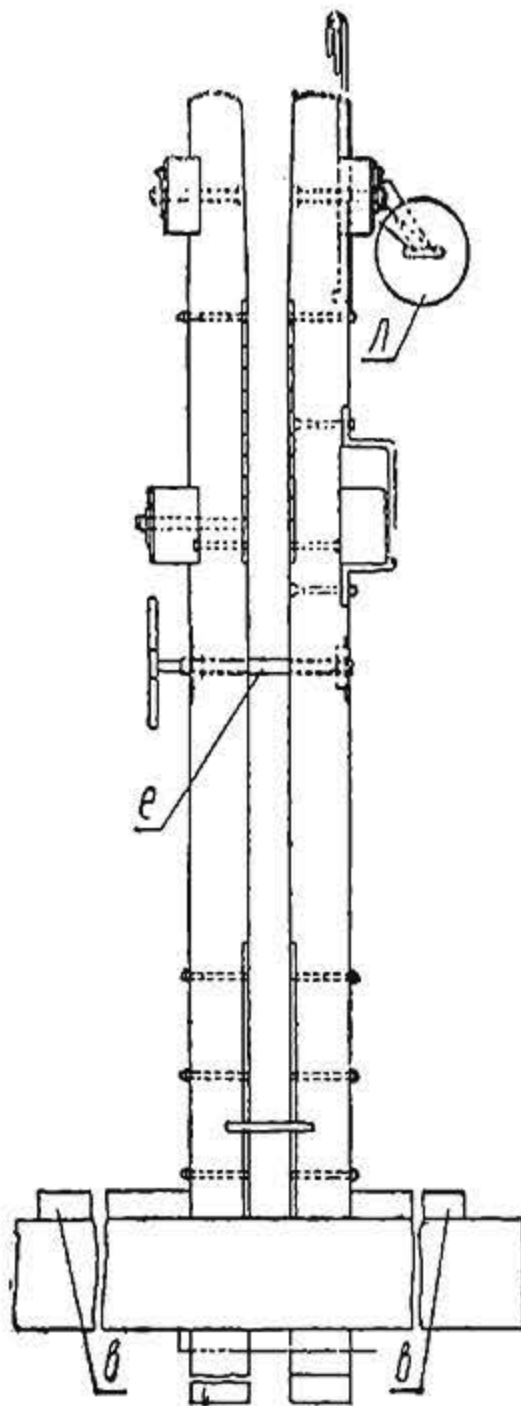
Пресс, как уже указывалось выше, снабжен сшивательной фермой, состоящей из двух частей: передней и задней. В задней части фермы на высоте 1,5 м от основания пресса имеется 18 запорных отверстий, в которые вводятся и закрепляются концы увязочной проволоки. В нижнем прессе, соединенном со сшивательной фермой, прикреплено 18 пружинных зажимов, в которых закрепляется проволока, проходящая от катушек. На передней части сшивательной фермы имеется 18 винтов с насаженными на них гаечками, служащими для прижима проволоки к ферме. Таким образом проволока укреплена в задней части внизу и на передней части фермы, и засыпка прессуемого сырья происходит таким образом между двумя рядами проволоки.

В верхней части передних стен выбраны четверти, в которых вставлены и укреплены железные стержни *р*. Вверху этих стержней укреплены блоки *с* для подъема и опускания верхнего пресса.

Прессование производится посредством двух дубовых или березовых рычагов (ваги) длиной в 4,5 м. В нижней части стоек расположены один против другого попарно отверстия, куда вставляются железные шкворни, служащие точкой опоры для поднятия рычагов нижнего пресса и подтягивания верхнего пресса вниз.

В башмаках нижнего пресса имеются с обеих сторон отверстия, проходящие сквозь прессовую доску по толщине; в отверстия пропускается по одному болту диаметром в 1 см. Этим болтом нижний пресс соединяется с другими, идущими сверху от сшивательной фермы. Таким образом во время работы нижнего пресса сшивательная ферма также поднимается.

Верхний пресс удерживается от обратного движения собачками из котельного железа, укрепленными на обоих концах пресса с верхней стороны и попадающими в железные угольники с зубчатыми выступами *ц*, расположенными на боковых сторонах стоек.



Фиг. 119. Камышитовый пресс сист. Черкинского и Фельдмана (разрез).

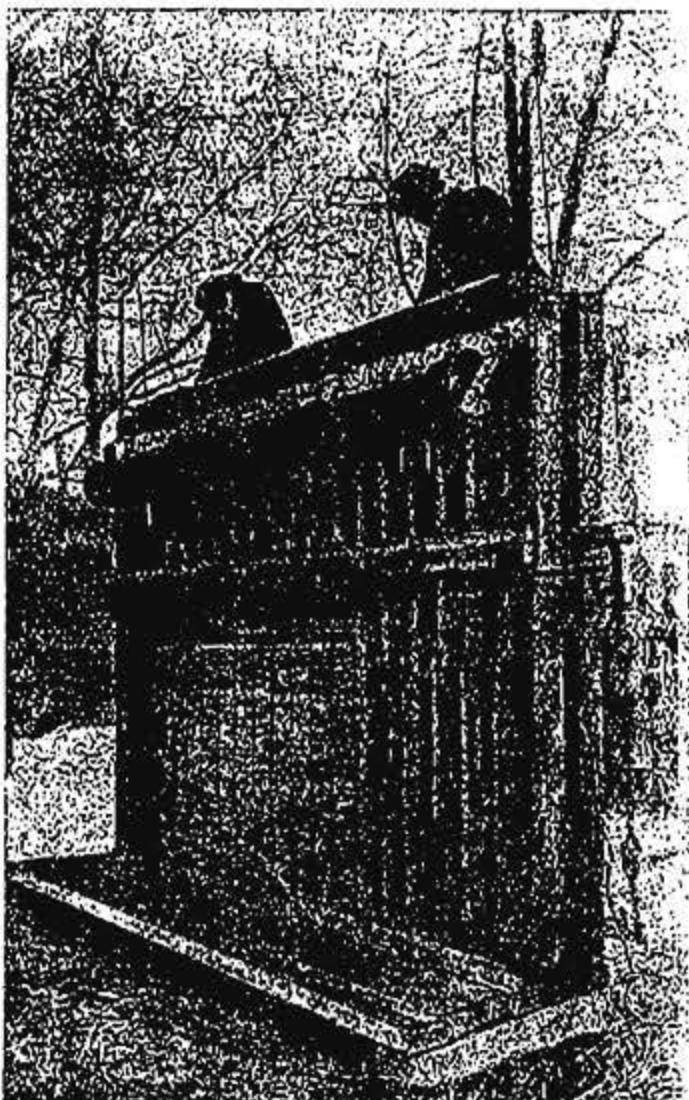
Работа прессования производится четырьмя рабочими (засыпщиками и крючниками) следующим образом: засыпщики засыпают сверху в станок камыш или солому, распределяя материал возможно равномернее по всему станку. Каждая засыпка материала проталкивается засыпщиками сверху до основания пресса специальными лопатками, сделанными из брусков толщиной в 50 мм, длиной 500 мм и укрепленными перпендикулярно на палках около 3 м длиной.

В период между засыпками (12—13 засыпок на щит) крючники одевают на проволоки проходящие в промежутках планок передней и задней сторон, заранее заготовленные крючки из той же шивательной проволоки,

имеющие форму французской буквы S и служащие для шивки щитов по толщине.

От нижнего до верхнего ребра щита на каждые 2 парных проволоки надевается 8—10 крючков. Поперечные проволоки, проходящие с катушек, следует размещать по соломитовому щиту на расстоянии 15 см одна от другой; по камышитовому же щиту это расстояние можно увеличить до 20 см.

По окончании засыпки засыпщики сходят с помоста и делают приготовления для прессовки. В это время крючники поднимают по блокам верхний пресс, опускают его между стойками в станок и наклоняют к стойкам собачки. Затем цепи, находящиеся на крючках концов пресса, соединяются с крючком, расположенным на рычаге (ваге) в 40 см от его конца, а конец рычага своим крючком цепляется за шкворень, продетый в отверстия стоек. Ваги прижимают с обеих сторон двое рабочих. Как только верхний пресс дошел до определенного предела, рычаги освобождают от верхнего пресса и переходят к прессовке нижним



Фиг. 120 Готовая камышитовая (соломитовая) плита перед выемкой из пресса.

прессом. Рабочие зацепляют крючком рычага за оковку нижнего пресса и через шкворень, служащий точкой опоры, поднимают вверх нижний пресс. Таким образом производится равномерная прессовка материала сверху и снизу. Шкворень 2—3 раза перемещается в вышележащие отверстия, благодаря чему нижний пресс доводится до требуемой высоты.

Когда прессовка окончена, двое рабочих откусывают с передней стороны кусачками проволоку на 50 мм выше верхнего ребра щита, а двое других освобождают с задней стороны пресса закрепленные концы проволоки и просовывают их через прорезы верхнего пресса на переднюю сторону, где эти концы скручиваются с парными концами проволоки передней стороны. Концы парных проволок плоскогубцами скручиваются вместе. Для освобождения из пресса заготовленного щита двое рабочих нажимают на рычаги, прикрепленные к верхнему прессу, а остальные рабочие отклоняют собачки от стоек и поднимают пресс по блокам вверх. Одновременно поднимают кверху средний брус и отнимают отъемные рамы при помощи прикрепленных к рамам ручек х. Гото-

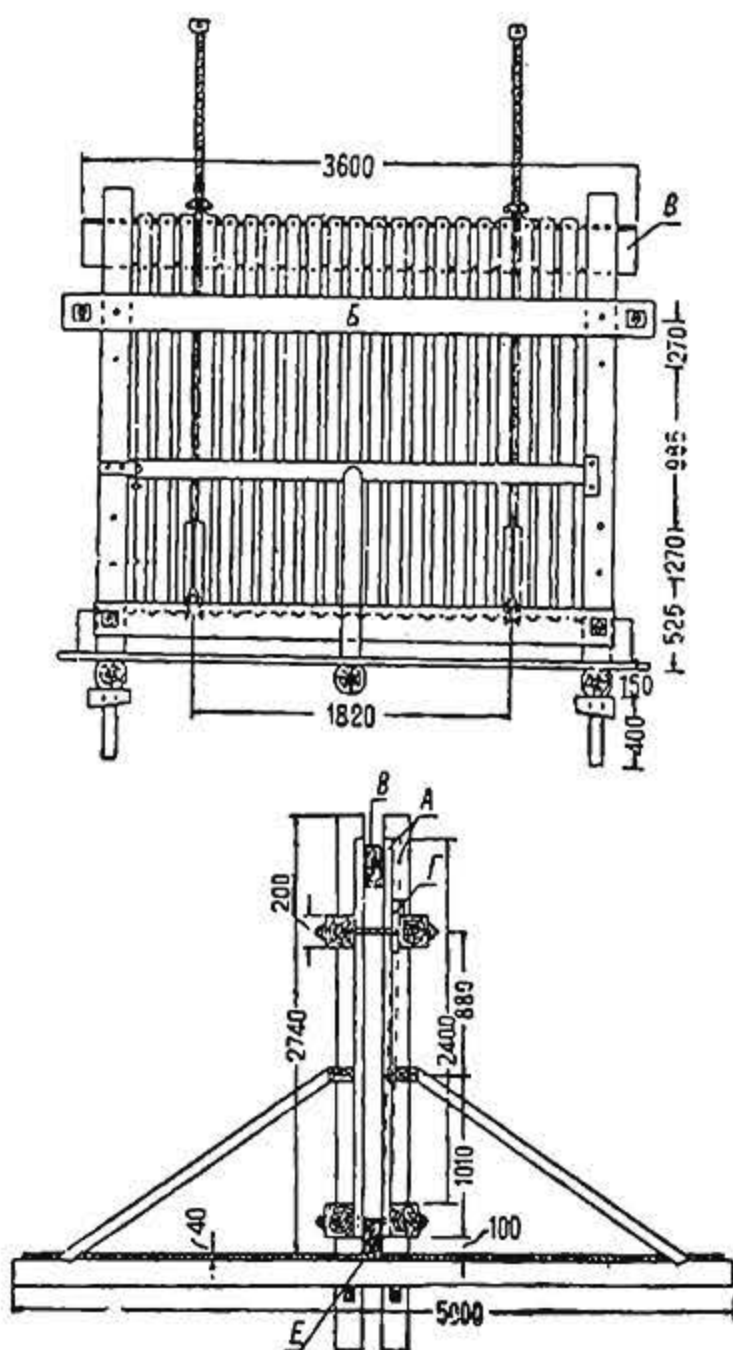
ный щит вынимается из станка через освобожденное от рам отверстие (фиг. 120).

Винтовой пресс системы Ф. А. Гогина (фиг. 121)¹. С помоста, устроенного на высоте верхних схваток прессов, производится засыпка солом (камыш) с обрубленным в основе колосом или метелкой. В момент засыпки солом (камыш) в пресс съемные доски *A* ставятся с некоторым уклоном, как это показано пунктиром. Засыпка производится до самого верха прессы, с некоторым уплотнением солом посредством тесовой лопатки. Как только пресс будет заполнен, боковые доски, находящиеся в наклонном положении, приводятся в вертикальное положение, для чего между брусом *B* и доской *A* вставляется клин *Г*. Затем вкладывают прессующую балку *B*, зацепляют тяги и начинают прессовать. В первой стадии прессование производят, вращая винты за рукоятки, а затем надевают на них рычаги, сделанные из газовой трубы, длиной в 1 м.

На каждом винте находится по одному рабочему. Во время прессования рабочий, находящийся внизу, под помостом, наблюдает за процессом прессования и регулирует подъем нижней прессующей балки и опускание верхней. Посредством железных штырей, вставляемых в имеющиеся в стойках отверстия, может быть остановлено движение верхней или нижней балок. Как только солома будет достаточно спрессована и щит доведен до требуемой ширины, прессующие балки могут быть закреплены железными штырями на своих местах, и винты сняты. Делается это в тех случаях, когда винты нужны для прессования на другом прессе.

Затем производят увязку и прошивку сразу с двух концов. Для этого снимают по одной съемной доске, предварительно сняв среднюю опору. Увязка производится в каждом прозоре намертво поставленных досок. Таким образом на этом станке увязка делается через каждые 14 см, а прошивка производится в 7 местах, т. е. через 12,5 см.

В последнее время прошивка производится не отдельно заготовленными крючками, а непосредственно из мотка проволоки, благодаря чему экономятся рабочее время и проволока. Главная часть этой операции производится рабочим, находящимся со стороны съемных досок, который стягивает увязочную проволоку и подает посредством иглы-шила загнутый конец проволоки рабочему, находящемуся на другой стороне. Обязанности второго рабочего заключаются только в том, чтобы подать

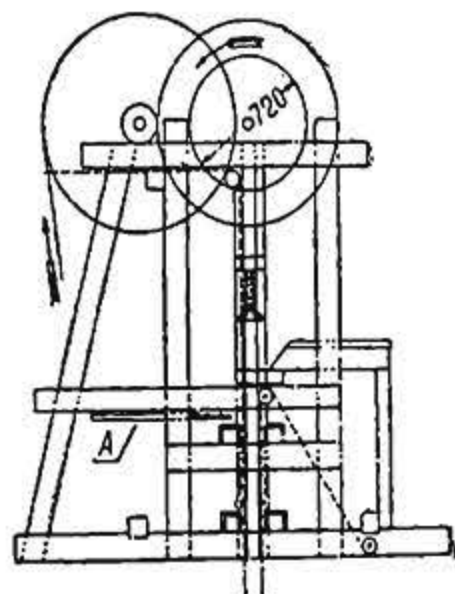


Фиг. 121. Винтовой пресс сист. Гогина.

¹ См. Ф. А. Гогин, Соломит и камышит, изд. ГНТИ, М. 1931.

конец увязочной проволоки, а при прошивке — снять проволоку с иглы и зацепить за увязочную проволоку. Порядок увязки и прошивки с указанным изменением подачи проволоки при прошивке остается тот же, что и при работе на вышеописанном прессе.

Толщина вырабатываемых щитов регулируется посредством передвижения стоек.

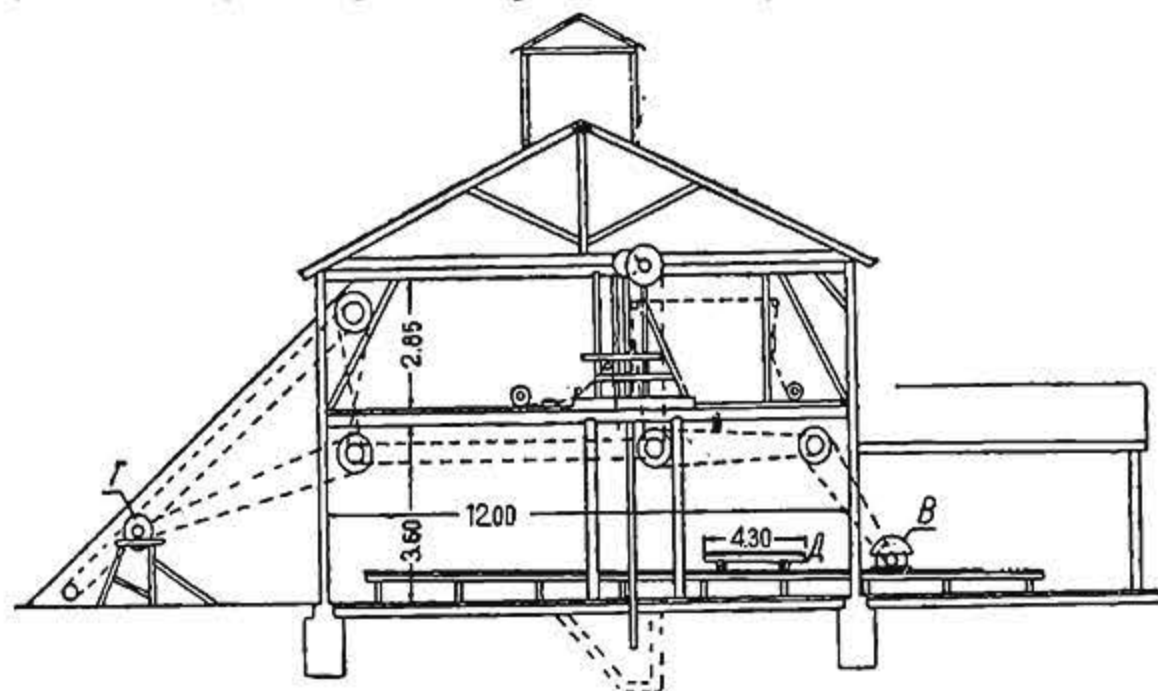


Фиг. 122. Камышитовый пресс „Энке“.

Механический пресс системы Энке¹. На высоте около 4 м от пола нижнего этажа устанавливается рама пресса (фиг. 122), оборудованная щеками с обеих сторон. Движение прессующей балки осуществляется посредством двух кривошипов, посаженных на валу. Ход балки равен 720 мм; вал делает 20 об/мин. Проволока, которой увязывается щит, поступает в пресс через особые катушки, помещенные по обеим сторонам пресса; катушки видны частью на фиг. 122 и в целом на фиг. 123. На каждой стороне пресса имеется по 8 катушек. Прежде чем войти в пресс, проволока проходит зажимы. Частью трением о стенки щек, а главным образом регулированием зажима проволоки устанавливается степень прочности прессования щита.

Заготовка прошивочных крючков производится на крючкорубочном станке. Производительность станка — до 8 тыс. крючков в час.

По установке на место проволоки пресс приводится в действие. Рабочие, находящиеся внизу, у транспортера Г (фиг. 123), кладут камыш на транспортер, предварительно выравняв комли посредством обстукивания камыша о пол. Поднимаемый транспортером камыш на пути встречает циркульную пилу, которая и обрезает метелку.



Фиг. 123. Схема установки пресса „Энке“.

Дойдя доверху, камыш сваливается на стол, с которого и подается в пресс. Рабочий, находящийся у пресса, берет со стола транспортера камыш и кладет его на стол, находящийся перед прессом, с которого и сдвигает камыш в пресс по направлению стрелки. Операции эти выполняются в то время, когда прессующая балка идет вверх.

Для прошивки имеется с обратной стороны пресса каретка А (фиг. 122) с челноками, в которые вставляются крючки. Когда требуется произвести

¹ См. Ф. А. Гогин, Соломит и камышит, изд. ГНТИ, М. 1931.

прошивку, работницы быстро вдвигают каретку в пресс и затем отводят ее назад, причем крючки зацепляются за проволоку. Вдвигание каретки в пресс производится в то время, когда прессующая балка идет вверх.

Необходимо успеть закончить прошивку в этот момент, в противном случае при несвоевременном отводе каретки обратно прессующая балка может поломать челноки каретки.

По мере прессования щит все время опускается вниз. Как только щит достигнет необходимой длины, рабочий, находящийся внизу, обрезаем острогубцами проволоку и загибает все концы вокруг увязочных крючков. Перерезка проволоки производится посередине одного ряда прошивочных крючков с другим, причем у отрезаемого щита проволока загибается за крючки вниз, а у идущего сверху из пресса вверх.

Отрезанный щит берут двое рабочих и кладут на тележку *Д*, на которой щит пропускается между двумя циркульными пилами *В*, причем обрезаются обе кромки щита. Затем щит относится на склад.

Расход материалов. На 1 м² камышита (соломита) толщиной в 6,5 см расходуется в среднем 18 кг камыша (соломы) и 0,75 кг проволоки.

Размеры. Камышитовые (соломитовые) плиты изготавливаются различных размеров, в зависимости от типа применяемого станка. Так например плиты, вырабатываемые на ручных станках Гогина и ему подобных, имеют в длину от 2 до 3 м, в ширину от 0,75 до 1 м и в толщину от 6 до 18 см. Плиты, выпускаемые полумеханическими прессами Барыбинского завода, имеют в длину 2,14 м, в ширину 1,07 м и в толщину 5 см. Плиты механических заводов Сев. Кавказа вырабатываются длиной в 4,5 м, шириной в 1 м и толщиной в 6,5 см. Проектом ОСТ на соломит предусматривается длина щита в 2 и 3 м + 20 мм, ширина щита — 1 м + 10 мм, толщина — 5—8 и 10 см + 5 мм.

Плиты толщиной в 5 см применяются для возведения холодных стен и перегородок, для утепления кирпичных стен толщиной в 1½ кирпича и для подшивки потолков.

Свойства. Внешний вид. Солома и камыш должны быть расположены в щите правильными рядами, а не спутаны; продольные основы также должны быть расположены правильно. Колос у соломы и метелка у камыша должны быть отрублены. Щиты должны быть защищены от отдельно торчащих соломинок или тростника, а края плит обрезаны под прямым углом. Щиты должны иметь запах и цвет здорового стебля. Не допускается синевы или иных признаков разложения соломы.

Объемный вес. Объемный вес камышита (соломита) колеблется в зависимости от силы прессования и степени влажности сырья. Для камышита он равен 220—330 кг/м³ и для соломита — 170—250 кг/м³ (при 18% содержания влаги). Объемный вес камышитовых плит механической прессовки достигает до 400 кг/м³ (Германия). Значительное повышение качеств камышита (соломита) при увеличении объемного веса ставит перед нами задачу обязательного повышения силы прессования не менее, чем до заграничной нормы.

Механические свойства. Временное сопротивление изгибу соломитовых плит колеблется от 6 до 10 кг/см² и согласно проекту ОСТ должно быть у стандартной продукции не менее 8 кг/см². Камышитовые плиты вследствие упругости и гибкости стеблей камыша обладают значительно большей прочностью, чем соломитовые.

Результаты испытания камышитовых плит ручной прессовки на изгиб таковы¹:

| На изгиб | Величина плит в см | | | нагрузка в кг |
|-----------|--------------------|---------|--------|---------------|
| | ширина | толщина | пролет | |
| 1-образец | 26 | 5,0 | 100 | 475 |
| 2-й . | 26 | 7,5 | 100 | 600 |

¹ И. И. Б. И. Качурин, Об использовании камышитовых зарослей юго-востока СССР, «Строительная промышленность» № 10, 1926, стр. 731.

Образцы при изгибе не обнаружили разрушения отдельных камышевых стеблей, и предельная нагрузка определялась увеличением стрелы прогиба при стабильности нагрузки. После окончания испытания часть прогиба уменьшилась за счет упругости самого материала, а на остальную часть прогиба плита была легко выпрямлена, причем никаких повреждений не оказалось. При испытании плит на сжатие за предельную нагрузку была принята та, при которой камыш плит стал несколько сплющиваться и круглое сечение начало переходить в овальное. Других разрушений при испытании не оказалось.

В среднем временное сопротивление изгибу хорошо спрессованных камышитовых плит колеблется в пределах 8—15 кг/см². При неудовлетворительной прессовке, что довольно часто наблюдается при работе на ручных прессах, прочность щитов значительно меньше приведенных цифр.

В заграничной литературе имеются данные о значительно большей прочности соломитовых плит, нежели указано выше. Это объясняется, с одной стороны, тем, что за границей применяется исключительно механическое прессование плит, а с другой — значительно большим расходом проволоки (до 2 кг/м² вместо 0,6—0,75 кг), и притом стальной, а не железной, как принято в СССР.

Испытание на изгиб производится согласно проекта ОСТ на соломит следующим образом: из щита вырезается полоса шириной в 50 см, которая устанавливается на опорные трехугольные бруски с пролетом между центрами в 0,8 м. Нагрузка производится кирпичом, укладываемым по ширине полосы плашмя, одновременно от противоположных концов от опор к центру плиты рядами в 2 кирпича, с расстоянием между отдельными кирпичами в 50 мм. По укладке первого продольного ряда укладывают тем же порядком второй ряд и т. д., до тех пор, пока стрела прогиба не достигнет 25 см. Взятая нагрузка считается разрушающей, и прочность плиты подсчитывается по формуле:

$$R = \frac{3Pl}{4bh^3}.$$

Проба производится над тремя полосами и в качестве окончательного результата берется среднее арифметическое из получающихся величин.

Термические свойства. Коэффициент теплопроводности камышита при объемном весе в 200 кг/м³ равен 0,06 и соломита при объемном весе 150 кг/м³ — 0,05 (до 0,039). Что касается толщины стен камышитовых (соломитовых) зданий, то, согласно исследованиям старшего научного сотрудника ВИСа т. Фокина, можно дать следующие указания.

Принимается наиболее целесообразная конструкция, состоящая из слоя камышита (соломита), оштукатуренная с обеих сторон обычной известковой штукатуркой толщиной по 2 см с каждой стороны.

В этом случае для камышита при печном отоплении и при однократной топке в сутки допустима толщина плит в 12—10—8—6 см (I-II-III-IV климатические пояса) и при двукратной топке: 10—8—6—5 см. Для соломита при тех же условиях 10—9—7—5 см и 8—7—6—4 см.

Стены тоньше 6-8 см делать не рекомендуется ввиду сильной прогреваемости плиты.

Звукопроницаемость. По своей звукопроницаемости камышит подходит очень близко к пробке.

Огнестойкость. Камышитовые (соломитовые) плиты, будучи плотно спрессованы (на механических прессах), в присутствии огня не горят, а только тлеют. Малоспрессованные и недостаточно плотные плиты (спрессованные на ручных станках) не являются огнестойким материалом. Равным образом плиты сгораемы при замене проволоочной вязки лубяной.

Гвоздимость. Гвоздимость камышита (соломита) слабая. Для того

чтобы в плите держался гвоздь, несущий какую-либо нагрузку, необходимо или вбивать гвозди наискось (ненадежно) или заделывать в стену деревянные бруски, что конечно удорожает постройку.

Устойчивость против атмосферных влияний и загнивания. Камышитовые плиты подвержены загниванию в постройке лишь в том случае, если они сработаны из незрелого или невысохшего камыша.

В случае же применения хорошего материала камышит служит десятки лет и не поддается гниению (пример — камышитовые крыши).

Соломитовые плиты не ссыхаются и не разбухают, но подвержены загниванию и повреждению насекомыми, подобно дереву.

Поражение грызунами. Камышитовые плиты поражаются грызунами относительно слабо. Это объясняется, с одной стороны, тем, что камыш, очищенный от метлы, не представляет собой пищи для грызунов, а с другой — тем, что отдельные маленькие волокна камыша с острыми изломами и кромками колют десна грызунам. Для защиты плит необходимо антисептировать их нижнюю часть солями бария, что сообщает им полную устойчивость против грызунов. Во всяком случае в швы камышитовых плит целесообразно добавлять битое стекло.

Что касается соломитовых плит, то для них грызуны представляют чрезвычайно серьезную опасность. Бороться с ними возможно различными способами: а) пропитыванием нижних частей плиты, соприкасающихся с подпольем, солями бария; б) оштукатуркой нижней части плиты любым раствором

с добавлением битого стекла; в) устройством над нижней обвязкой ряда мелких металлических сеток; г) опрыскиванием плит 5%-ным раствором железного или медного купороса (способ наименее действительный).

Поражение домовыми грибами (*Megulius lasgians* и *Copriphaga caryophylla*). Соломитовые плиты в отличие от камышитовых домовым грибом не поражаются.

Камышитовые же плиты, попадая в неблагоприятные условия (доступ сырости без периодической просушки); заражаются гнилостными грибами. Рядом наблюдений установлено, что грибок начинает развиваться на метелке камыша, не всегда удаленной со стеблей камыша, а затем переходит на листья. В позднейшую фазу поражения в случае отсутствия просушки, грибки, принимая желто-зеленый и даже темнобурый цвет, поражают самый стебель камыша, обычно на поврежденных при прессовании местах.

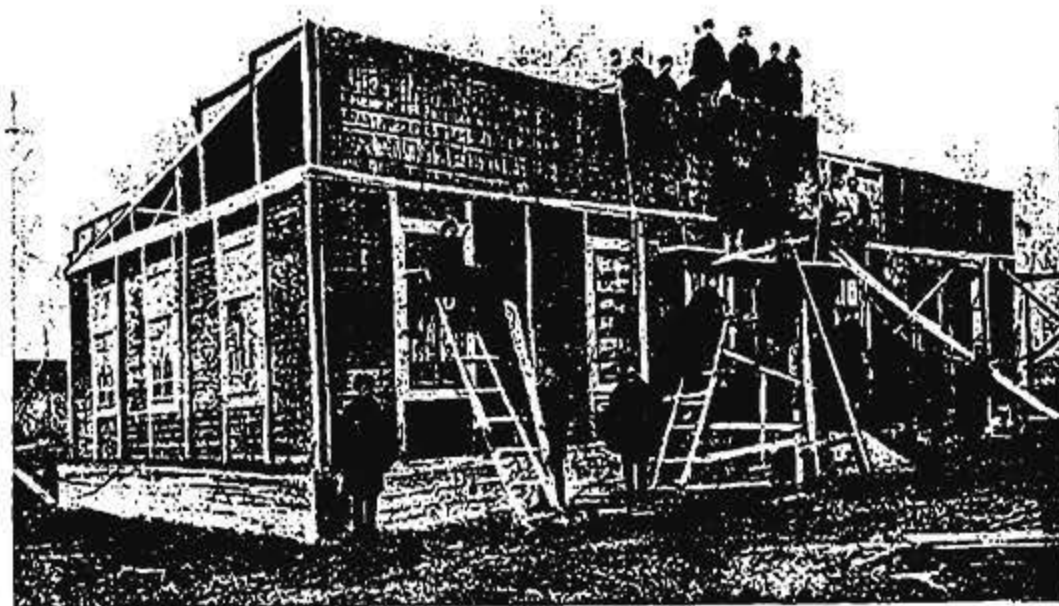
Сила и скорость разрушения в значительной степени зависят от степени влажности воздуха. Если последняя не превышает 60%, что обычно имеет место в жилых помещениях, то процесс развития грибков протекает медленно. При влажности около 100% происходит, наиболее интенсивный рост грибков, причем в случае сильного поражения по истечении трехмесячного срока происходит распад стеблей камыша.

Обычно употребляемые антисептики — железный купорос и хлористый цинк — не могут применяться для антисептирования камышитовых плит,



Фиг. 124. Распиловка соломитовой (камышитовой) плиты циркулярной пилой.

так как неизбежно ржавление проволоки и даже возможно ее полное разрушение. Положительные результаты получаются при антисептировании камышита 2%-ным раствором антисептика „Триоль“, представляющего собой смесь неорганического антисептика (80% фтористого натрия) с органическим (20% динитрофенола).

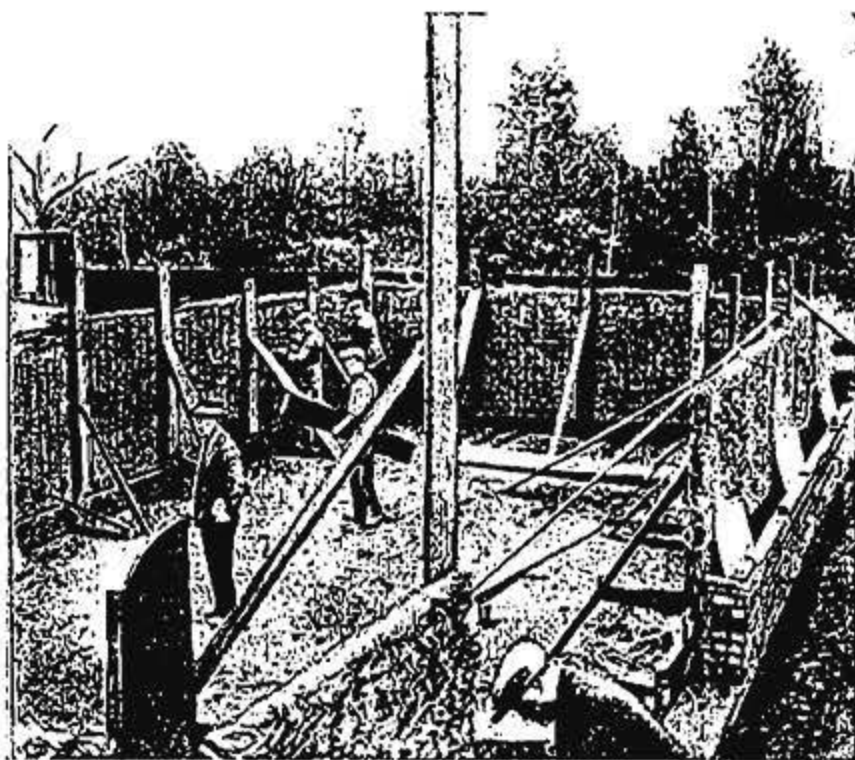


Фиг. 125. Здание из камышита.

Удобство обработки. Камышитовые (соломитовые) плиты легко поддаются обработке, пилятся и режутся в продольном и поперечном направлениях (фиг. 124) и, обладая достаточно шероховатой поверхностью, легко поддаются штукатурке без предварительной обивки дранью (см. „Применение“).



Фиг. 126. Применение соломита для заполнения деревянного каркаса (Германия).

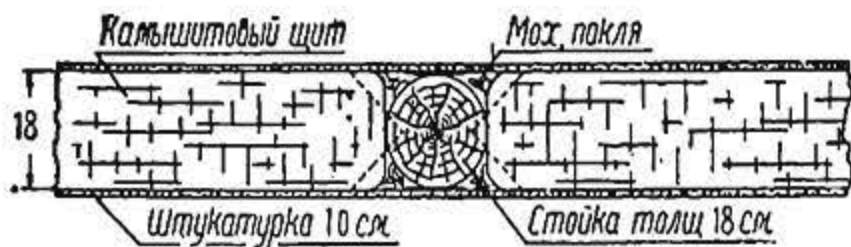


Фиг. 127. Постройка барака из соломитовых плит (Германия).

Применение. Камышит (соломит) может применяться для заполнения каркасных систем жилых (фиг. 125 и 126) и промышленных зданий, всякого рода складов, сараев, барачков (фиг. 127), дач, курортных построек и зданий хозяйственного назначения, для устройства перегородок, потолочных перекрытий и т. д., для устройства кровли, в частности, в качестве утеплителя бетонных и железобетонных конструкций (например плоских

крыш) и утоненных каменных и деревянных стен, для подшивки потолка, в качестве термоизоляционного материала для оборудования льдохранилищ, холодильников, изотермических вагонов и т. д.

Отличием камышита (соломита) от прочих термоизоляционных материалов (морозин, торфолеум и т. д.) является возможность применения



Фиг. 128. Установка камышитовых плит впритык.

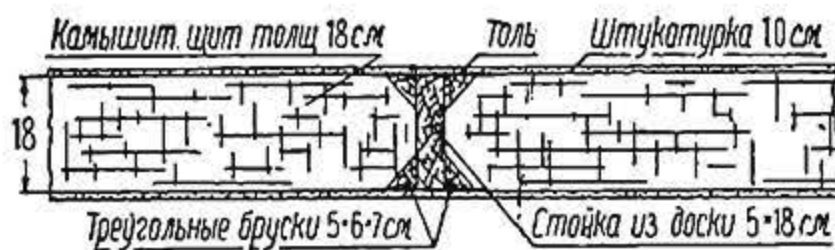
его, вследствие присущих ему свойств жесткости и упругости в качестве самонесущего материала (устройство междуэтажных перекрытий и т. п.).

Особенно важна возможность применения

камьшита (соломита) в сборном стандартном строительстве.

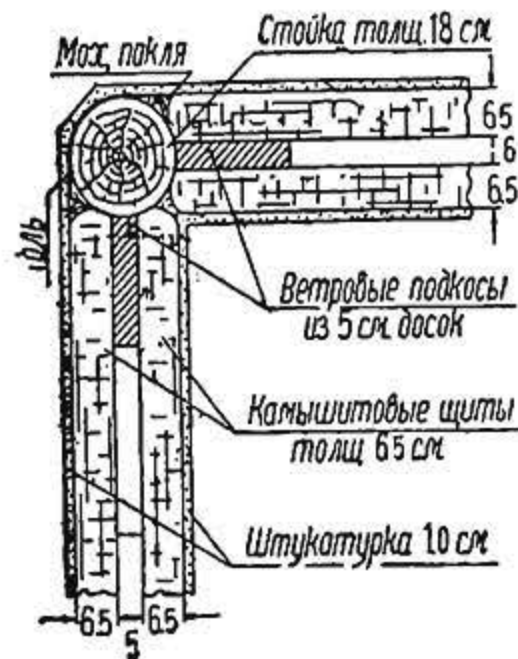
Наружные стены. При возведении наружных стен из камышита (соломита) возможно несколько конструктивных решений.

а) Обивка камышитовыми (соломитовыми) плитами деревянного каркаса снаружи. Этот метод применим при постройке нежилых или временных зданий. Возможно также предварительно обшивать стойки



Фиг. 129. Установка камышитовых плит на брусках.

каркаса $2\frac{1}{2}$ -сантиметровыми досками с засыпкой промежутка каким-либо термоизолятором. В этом случае конструкция пригодна и для жилых зданий, но ей свойственны все те недостатки, которые имеют место при засыпных конструкциях.



Фиг. 130. Установка камышитовых плит в два слоя с воздушным прослойком.

б) Заполнение каркаса щитами. При применении одинарных щитов, последние соединяются с каркасом или впритык (фиг. 128) или входят в четверть стоек (последнее нерационально)¹. Самым простым и обычным приемом является загонка щитов с помощью деревянной колотушки и укрепление их гвоздями, которыми прихватывается к стойке проволока сшивки щита или проволоочное кольцо. В некоторых случаях в местах сопряжения щита со стойкой прибавляют треугольные бруски (фиг. 129) или же вдоль стойки прибавляется доска, поддерживающая щит.

При установке двойных щитов к стойкам прибавляются бруски, а между стойками вставляются особые доски или рейки „прожилины“, к которым прибавляются с обеих сторон щиты. Щиты во всех случаях должны

быть плотно соединены со стойками. Имеющиеся щели должны быть забиты паклей или мхом. Швы между плитами должны быть тщательно закрыты, например промззаны глиной.

Данное конструктивное решение является вполне рациональным и приемлемым.

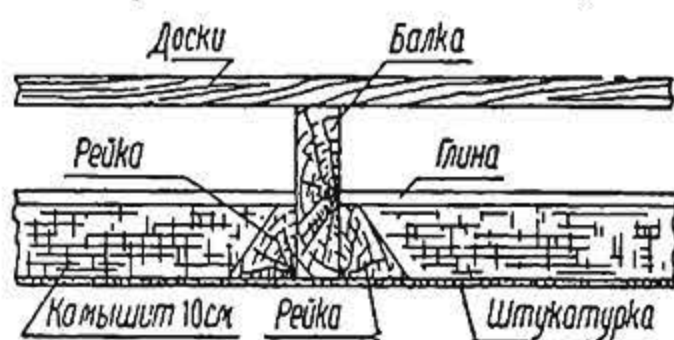
в) Обивка каркаса с обеих сторон с оставлением воздушной прослойки

¹ См. Н. И а в р и л о в, Каркасно-камьшитовые и соломитовые постройки, Сельхозгиз, 1931.

НТБ
ДНУЖТ

незаполненной и неперегороженной (фиг. 130). Данная конструкция, довольно часто применяющаяся в нашем строительстве, является с теплотехнической точки зрения неудовлетворительной и обуславливает резкие суточные колебания температуры и значительную разность температур на различных уровнях помещения. Помимо этого незаполненные прослойки являются прекрасным ходом для грызунов, которые даже, если и не повреждают материала стен (при камышите), то получают возможность проникновения в менее стойкие по отношению к ним части конструкции. В связи с этим необходимо полости между щитами делать возможно меньше, пересекая их поперечными планками и подкосами.

В некоторых местах практикуется утепление утоненных кирпичных стен (1 кирпич) камышитовой (соломитовой) плитой толщиной в 6,5 см. Здания, построенные по такому способу, являются в теплотехническом и санитарно-гигиеническом отношении вполне удовлетворительными. В этом случае плиты, устанавливаемые вертикально, прибиваются к деревянным чушкам (размером $\frac{1}{2}$ кирпича) предварительно закладываемым в кирпичную кладку. Чушки закладываются с таким расчетом, чтобы каждый щит прибивался в 8 местах 150-миллиметровыми гвоздями. Для лучшего сцепления плит с кладкой целесообразно их предварительно смазывать алебастро-песчаным или алебастро-шлаковым раствором.



Фиг. 131. Подшивка перекрытия камышитовыми (соломитовыми) плитами.

При постройке отапливаемых зданий необходимо защищать места сопряжения плоскости пола со стенами, не допуская обмена наружного и внутреннего воздуха.

При употреблении камышита (соломита) в качестве утеплителя железобетонных конструкций он может применяться в виде опалубки, толщиной 6—12 см, в зависимости от расчета (нарезанные куски по размерам соответствуют шири-

рине балки). Опалубка снабжается гвоздями, загнваемыми внутрь конструкции, в результате чего получается хорошее сцепление с бетоном.

При изоляции крупных горизонтальных железобетонных поверхностей применяется следующий способ прикрепления плит к железобетону. На камышит (соломит) наносится жидкий цементный раствор 1:3 слоем в 20—30 мм, и плита притягивается („примораживается“) к утепляемой поверхности. В зимнее время плита остается в таком положении в течение 6 дней; летом срок сокращается до 4 дней, после чего поддерживающая опалубка разбирается.

Перекрытия. Достаточно испытанной является конструкция, показанная на фиг. 131. Камышитовые (соломитовые) щиты укладываются по рейкам, прибитым к балкам (доски на ребро), и сверху покрываются легкой глино-соломенной смазкой. До прибивки гвоздями желательно произвести кольцевание проволоки.

При применении камышита вместо накатов обязательна хорошая вентиляция чердака, так как в противном случае неизбежно загнивание через 3—4 года.

При работах с камышитом (соломитом) следует придерживаться следующих основных правил.

а) Непосредственная прибивка плит гвоздями недопустима, и нужно пользоваться железными трехугольными или квадратными шайбами, подкладываемыми под шляпки гвоздей. Более рационально применять кольцевание щитов¹. Последнее производится конусообразным стальным

¹ С. Ф. Виноградов, стр. 30.

НТБ
ДНУЖТ

штырем длиной 40 см, толщиной от 1 до 7 мм, а к ручке — до 15 мм; заостренный конец штыря должен быть слегка загнут. Этот конец просовывается между проволокой и спрессованной массой на ребрах щитов после чего штырь переворачивается, перекручивая при этом проволоку. После выемки штыря на проволоке остается кольцо, в которое и просовывается гвоздь, вбиваемый затем в стойку каркаса и плотно притягивающий к нему щит. Диаметр кольца должен быть меньше диаметра шляпки гвоздя.

б) Ни в коем случае не следует оклеивать камышит (соломит) изнутри бумагой или обоями или обивать фанерой, так как это способствует размножению паразитов.

Что касается возможности оштукатурки камышита (соломита), то по этому вопросу существуют различные мнения; на основании многочисленных наблюдений, можно все же сделать вывод, что камышит и соломит, несмотря на гладкую поверхность плит, хорошо принимают штукатурку, не требуя предварительной прибавки сеток и т. п.

Расход материалов таков же, как и при штукатурке по дереву. Провесов камышита (соломита) при хорошей работе не получается. Равным образом отсутствуют трещины на штукатурке, что свидетельствует о совершенно удовлетворительном сцеплении раствора с плитой.

Что касается материала штукатурки, то возможно применение известковой и глино-известковой штукатурок. Алебастровая штукатурка нежелательна, так как при ней возможно ржавление проволоки. Поэтому при оштукатурке внутренних поверхностей стен, необходимо делать предварительный намет из известкового раствора, дополнительно затирая его алебастром.

Сроки амортизации и ремонт. Говорить о сроках амортизации камышитовых (соломитовых) плит несколько трудно, так как в строительстве камышит (соломит) до последнего времени применялся почти исключительно в качестве термоизоляционного материала. Производство соломита началось в России в 1910 г.; насколько известно, самый старый дом из соломита — это контора при Барыбинском соломитовом заводе (Московской обл.), выстроенная в 1914 г., т. е. 17 лет назад. Постройка находится в вполне удовлетворительном состоянии. Тем не менее обычно принимают срок амортизации для камышита (соломита) всего в 10 лет. Это не совсем правильно, так как по существу срок амортизации камышитовых (соломитовых) зданий тесно увязан с их конструктивными особенностями. При постройках, в которых деревянные части каркаса и т. п. защищены от загнивания, сроки амортизации могут быть чрезвычайно продолжительными. Если же устанавливать каркас здания непосредственно на земле, не предохраняя его от доступа почвенной влаги, то ввиду возможности появления грибка *Megulius lascians* нельзя будет рассчитывать на долгую службу каркаса и камышита.

Ежегодный ремонт зданий очень небольшой и заключается в побелке стен для защиты от влаги.

Санитарно-гигиенические условия построек из соломита и камышита. Как уже указывалось выше, постройки из камышита обладают достаточной теплоустойчивостью и резких колебаний температуры в них не наблюдается. Равным образом здания являются достаточно сухими и благоприятными для эксплуатации. Грызуны в камышитовых зданиях заводятся редко.

Что же касается соломитовых построек, то они по своим гигиеническим условиям несколько уступают камышитовым, будучи подвержены загниванию и действию грызунов. В стенах из соломита, при отсутствии соответствующих предохранительных мероприятий, разводятся мыши, постепенно съедающие соломитовые щиты. Опыты антисептирования плит, как уже указывалось выше, пока еще недостаточно положительны.

Хранение готовой продукции. Для хранения соломитовых (камышитовых) щитов в период глубокой осени и ранней весны необходим навес. Для районов с большим количеством осадков навес необходим и в зимнее время.

Укладка камышитовых (соломитовых) щитов непосредственно на землю не рекомендуется; целесообразна выкладка их на деревянные бруски или доски. Для усиления просушки щитов их следует укладывать плашмя в шахматном порядке, с расстоянием щитов друг от друга в каждом ряду на 0,75 м. При разборке штабеля или при транспортировке плит нельзя допускать бросания щитов на ребро или на угол, что вызывает перекося щита и, в некоторых случаях, разрыв проволочной вязки.

Экономика. Применение камышитовых (соломитовых) плит значительно удешевляет строительство, по сравнению с лесом и кирпичом, одновременно приводя к сокращению капиталовложений на строительство новых предприятий. К сожалению, до сего времени не произведено детального техникоэкономического исследования камышитовых конструкций, которое позволило бы иллюстрировать настоящее утверждение обоснованными цифровыми данными.

Что касается себестоимости плит, то таковая колеблется от 1 р. 30 к. до 2 р. 30 к. за 1 м² плиты, толщиной в 6,5 см, в зависимости от вида пресса и расстояния возки сырья.

Перспективы развития производства. Вышеописанные технические свойства соломита (камышита), данные о возможностях его применения и чрезвычайная эффективность по сравнению с другими материалами позволяют рассчитывать на непрерывный рост его производства и потребления (особенно в стандартном и сельскохозяйственном строительстве). С народнохозяйственной точки зрения форсирование производства соломита и камышита особенно интересно не только как средство для удешевления строительства, но и как средство для значительного сокращения потребности в лесных материалах.

Необходимо следовательно остановить свое внимание на обстоятельствах, могущих препятствовать осуществлению желательных для нас темпов развития данной отрасли промышленности. Таковыми обстоятельствами могут явиться: ограниченность сырьевых ресурсов, недостаток в проволоке для вязки и возможность поражения камышита домовым и грибками.

Сырьевые базы. Солома. Что касается соломы, то по данным Зернотреста, с 1 га посева получается около одной тонны соломы и не используется около 40%. Если считать, что только 10% от общего количества ежегодно снимаемой соломы останется для производства строительных материалов, то и это дает вполне обеспеченную сырьевую базу. Но при этом следует иметь в виду, что излишки соломы распределяются в районном разрезе неравномерно и что в некоторых районах (например Московской обл.) соломы для производства строительных материалов не имеется.

Камыш. Заросли камыша имеются во многих районах СССР, занимая в некоторых районах, особенно на юге и юго-востоке СССР и в Средней Азии, чрезвычайно большие пространства. Дать количество возможного съема камыша в цифровых выражениях не представляется возможным. Укажем лишь, что камыш имеется в Средней Азии, Казакстане по среднему и нижнему течению и устью Кубани, в лиманах Азовского моря, в устье Терека, почти по всему протяжению Риона, в низовьях Днепра, в Башкирии, в ЦЧО, Нижнегеродском крае, в низовьях и дельте Волги, на Ленинградском взморье, в пределах Московской обл. (талдомские и прочие заросли) и т. д.

Сбор камыша с 1 га в среднем от 4,8 до 6,4 т.

Заросли камыша, ежегодно возобновляемые, также являются неисчерпаемыми ресурсами для производства строительных плит. Однако необходимо производство обследования сырьевых баз камыша в целях культивирования его в тех местах, где его эксплуатация наиболее рентабельна.

Проволока. В ближайшие годы впредь до осуществления намеченной программы капитального строительства в металлообрабатывающей промышленности камышитовая (соломитовая) промышленность будет ощущать дефицит в проволоке.

Проведенные до сего времени работы в отношении замены проволоки не дали достаточно удовлетворительных результатов. Камышитовые (соломитовые) плиты при замене проволоки камышитовыми стеблями или лубом (иных предложений пока не имеется) показывают значительное снижение механической прочности и теряют свойство огнестойкости. Тем не менее эта замена возможна во всех тех случаях, когда камышитовые (соломитовые) плиты являются утеплителями вертикальных или горизонтальных поверхностей, не подверженных угрозе пожара, и не несут никакой нагрузки, даже собственного веса.

Поражение домовым грибом. Остановившись на последнем из указанных факторов—возможности поражения домовыми грибками, необходимо сказать, что поражение домовыми грибками отнюдь не является неизбежным во всех случаях применения камышита и может иметь место при наличии метелки на стебле, или при употреблении незрелого или непросушенного камыша, или при хранении готовых плит в неудовлетворительных атмосферных условиях, или наконец при помещении камышита в конструкции, благоприятствующие появлению грибков. В связи с этим во всех сомнительных случаях необходимо антисептирование плит вышеуказанными антисептиками, а следовательно и развитие производства последних.

Что касается оптимальных размеров предприятий по выработке камышита (соломита), то по этому вопросу существует две точки зрения. Согласно первой—должны организовываться возможно более мощные индустриализованные предприятия, допускающие максимальную механизацию хотя бы за счет увеличения радиуса подвозки сырья. Производительность таких предприятий выражается в 1—1,5 млн. м² в год. Сторонники же второй точки зрения указывают на неизбежные затруднения со снабжением столь мощных предприятий сырьем и на необходимость организации мощного и дорогостоящего транспорта. Эти соображения являются безусловно правильными. Действительно предположим, что организовано предприятие с производительностью в 1,5 млн. м². Потребность в камыше, исходя из расхода в 18 кг/м², составит 27 тыс. т. При среднем съеме 6 т камыша с 1 га имеем площадь необходимых зарослей камыша в 4500 га и радиус перевозок в 18 км.

Более целесообразно строить предприятия с максимальным выпуском в 300 тыс. м² плит; при снабжении сырьем предприятий такого размера вопросы транспорта не будут иметь значения. Эта точка зрения правильна еще и потому, что уменьшение предприятий значительно сокращает пожарную опасность при хранении сырья.

Что же касается минимального размера предприятий, то таковой ничем не ограничивается, и при производстве камышита (соломита) по линии колхозов или промысловой кооперации вполне допустимы установки лишь с одним механизированным или ручным прессом.

ИЗДЕЛИЯ НА БАЗЕ ОТХОДОВ ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

В настоящий момент вполне освоенным может считаться использование отходов льна для производства морозиновых плит и шевелина.

Морозин

Определение. Морозином называется термоизоляционный материал, получаемый путем прессования механически очищенной и химически обработанной льняной костры. Морозин изготавливается в виде прямоугольных плит размером 0,5×0,5 м и 1,0×0,5 м при толщине в 10, 20, 25, 30 и 40 мм.

Сырьем для производства морозина являются костра и подметь льна-долгунца, получающиеся при очистке пакли. Обычно производство морозина соединяется с производством шевелина, на изготовление которого идет льняная пакля, освобожденная от костры. Костра для морозина не должна содержать каких-либо посторонних механических примесей.

Технологические процессы. Изготовление морозина складывается из следующих операций: перемешивания сырья, варки сырья в растворе каустической соды, прессования массы и сушки. Характер рабочих процессов таков, что производство может быть и кустарным и механизированным.

1. **Перемешивание сырья и загрузка в варочные коробки (котлы).** Первой рабочей операцией является перемешивание костры и подмети и загрузка (ручная или механизированная) равномерно перемешанной однородной массы в варочные коробки (котлы).

2. **Варка сырья.** В зависимости от масштаба производства варка сырья может производиться в варочных коробках (сложенных из кирпича и оцементированных снаружи и изнутри или железобетонных) или варочных котлах. Преимуществом последних является легкость обслуживания и отсутствие парения во время варки.

Загруженное сырье заливается раствором каустической соды с содержанием последней в 0,5%. Кристаллической соды расходуется в количестве 4—6% от веса сухой смеси костры и подмети (12—18 кг каустика на 1 м³ морозина).

Загруженная смесь варится в течение 5—6 час. при температуре в 80—90°. Общая продолжительность процесса, включая загрузку, варку, спуск раствора и выгрузку, составляет 7—8 час.

При варке массы в котлах, последние закрываются подвешенной над ними крышкой, и затем в котлы впускается пар. Одновременно с этим пускается в работу специальный насос, смонтированный с котлом, который поднимает раствор со дна котла вверх, опрыскивает костру раствором щелока, затем засасывает прошедший через костру раствор и снова подает его вверх. Для нагрева циркулирующего раствора в котле проложены перфорированные трубы для пара.

3. **Прессование.** Прессование может производиться как на ручных, так и на гидравлических прессах. При ручных прессах, применяемых в кустарном производстве, процесс протекает следующим образом.

Рабочие-прессовщики заполняют особые формовочные коробки отваренной и выгруженной смесью. Формовочные коробки представляют собой четырехугольные чугунные рамы с внутренним размером 0,5×0,5 или 1,0×0,5 м при высоте стенок в 10 см и толщине 1 см. В стенках коробки имеется 2 ряда круглых отверстий, предназначенных для стока из

НТБ
ДНУЖТ

морозина лишней жидкости. Коробка перед загрузкой ее кострой ставится на лист котельного рифленого железа соответствующего размера.

Загружаемая смесь поливается горячей водой и одновременно с этим быстро и равномерно распределяется внутри коробки. После загрузки в коробку вставляется сверху дубовый вкладыш с набитым на него снизу листом котельного рифленого железа (толщина вкладыша определяется желательной толщиной плит).

Загруженные и закрытые вкладышами коробки заправляются под ручной пресс, в количестве 4 штук, причем они ставятся одна на другую. Прессование производится при помощи ваги, действующей на верхнюю площадку прессы; вага приводится в движение четырьмя рабочими. Опускание площадки прессы происходит до тех пор, пока верхние края вкладышей не достигнут уровня верхнего края формовочных коробок и пока не прекратится выделение жидкости из костры. Процесс прессования длится около 15 мин.

По окончании прессования освобожденные из-под прессы формовочные коробки последовательно, одна за другой, ставятся на ребро, железный подкладочный лист снимается и на его место подставляется деревянная решетка такого же размера. Последняя привинчивается на себя морозиную плиту, выбиваемую из формы ударом небольшой деревянной кувалды по верхней поверхности вкладыша.

При работе на гидравлических прессах, применяемых не в кустарном, а в механизированном производстве, рабочие операции менее сложны, а именно: вареная костра поступает из бункеров, находящихся под варочными котлами, в прессформу, проходящую под бункерами. Прессформа при помощи рольного стола поступает под гидравлические пресса, где масса спрессовывается в течение 15 мин. под давлением в 40—60 кг/см². Форма с отпрессованной плитой, продолжая свое движение по рольному столу, подходит к механизму выталкивающего приспособления, где и происходит освобождение формы от плиты. Производительность принятых у нас механизированных прессов составляет около 30 плит в час.

4. Сушка. Последней производственной операцией является сушка плит. Сушка происходит обычно в камерных сушилках, обогреваемых паром (радиаторы) или горячим воздухом. Процесс сушки плит (на решетках) продолжается около 16 час., после чего плиты готовы к употреблению в дело.

Расход материала и рабочей силы. Выход морозина из костры составляет около 40%; таким образом на 1 м³ морозина требуется около 2,5 м³ костры и подмети. Расход каустика составляет от 12 до 18 кг на 1 м³ (большая цифра относится к кустарному производству).

Расход условного топлива при варке в котлах составляет около 60—70 кг/м³, не считая энергии на привод прессы и транспортных механизмов.

Расход рабочей силы при кустарном способе работы составляет около 9 рабочих дней на 1 м³.

Свойства. Объемный вес. Объемный вес морозина колеблется в зависимости от силы прессования в пределах от 240 до 340 кг/м³. За средний объемный вес возможно принять 300 кг/м³.

Теплопроводность. Коэффициент теплопроводности морозина согласно данным Мюнхенской теплотехнической лаборатории равен 0,048—0,052, т. е. ниже, чем у фибролита и камышита.

Гигроскопичность. Гигроскопичность морозина незначительна. Что касается естественной влажности, то последняя по данным Новстромтреста не должна превышать 10%.

Огнестойкость. Морозиновые плиты не огнестойки.

Влагоемкость. Влагоемкость морозина сама по себе довольно значительна, но ее можно уменьшить путем сушки фабриката при высокой температуре, в результате которой происходит импрегнирование морозина выделяющимися из костры смолоподобными веществами.

Водоустойчивость. Водоустойчивостью морозин не обладает, в связи с чем морозиновые плиты не должны храниться или применяться в сырых местах. Плиты морозина применяемые в дело, не должны иметь следов прелости, могущей появиться в результате неудовлетворительного хранения.

Устойчивость против вредных влияний. Морозиновые плиты не гниют, не подвержены нападению грызунов и не являются благоприятной средой для развития микроорганизмов и насекомых.

Эти свойства, характеризующие долговечность морозина в конструкции, подтверждены экспертизой Института сооружений, обследовавшей в 1929 г. два дома, построенных с применением морозина. Первый дом, построенный в 1914 г., имеет деревянные досчатые стены, утепленные с внутренней стороны двумя слоями морозина толщиной по 2 см каждый, и ошту-

НТБ
ДНУЖТ

катуренные с двух сторон. Второй дом, построенный в 1915 г., имеет кирпичные стены толщиной в $1\frac{1}{2}$ кирпича, утепленные с внутренней стороны двумя слоями морозина толщиной по 2 см каждый, и оштукатуренные с обеих сторон: первый слой примазан к кладке гудроном и между обоими слоями такая же промазка.

Состояние обоих домов оказалось вполне удовлетворительным. Морозин, извлеченный из-под штукатурки, также оказался вполне сохранившимся.

Экономика морозина. Отпускная цена 1 м^3 морозина составляла в 1931 г. 60 руб. Новстромтрест исследовал экономику применения морозина в качестве утеплителя для кирпичной кладки в 1 кирпич. Была принята следующая конструкция стены: кладка в 1 кирпич плюс 0,5 см гудрона плюс морозиновая плита толщиной в 4 см плюс штукатурка по драки. Общая толщина стены составляет таким образом 31,5 см и вес 1 м^2 стены равен примерно 430 кг. Стоимость 1 м^2 стены равняется 14 р. 60 к. или 53% от стоимости обыкновенной кирпичной стены толщиной в $2\frac{1}{2}$ кирпича. Транспортабельность морозина значительно выше обыкновенного кирпича, а именно: плита в 4 см заменяет собой $1\frac{1}{2}$ кирпича, т. е. $0,04 \text{ м}^3$ эквивалентно примерно 165 кирпичам ($1 \text{ м}^3 - 4125$ шт. кирпича).

Исходя из этого расчета, возможно подсчитать экономию на транспортных расходах, а именно: грузоподъемность железнодорожного вагона (емкостью 25 м^3) составит $\frac{25}{0,04} \times 165 = 103$ тыс. шт. против 5 тыс. шт. для обыкновенного кирпича.

Столь же значительна и экономия в капиталовложениях на строительство новых предприятий, составляя в эквиваленте тысячи штук обыкновенного кирпича всего лишь 7 р. 20 к. (при механизированном производстве) против 65 руб. для кирпича.

Применение. Морозин может применяться для утепления утоненных каменных, бетонных и деревянных стен, для утепления перекрытий, для заполнения щитов в сборном стандартном строительстве и в качестве замены пробковой изоляции в строительстве холодильников, изотермических вагонов и т. п.

При утеплении бетонных и каменных стен (например стена в $1\frac{1}{2}$ кирпича + 4 см морозина) морозин может приклеиваться к стенам гудроном в 2 или 3 слоя при условии перекрытия швов или прибиваться к деревянным рейкам, укрепленным на стенах. При утеплении деревянных стен морозин прибивается изнутри непосредственно к досчатым стенам.

Морозин или штукатурится (лучше по сетке) или же покрывается слоем теса или фанеры.

При применении морозина в полах и потолках плиты укладываются непосредственно на облегченные накаты и швы, промазываются гудроном или алебастром.

Морозин во избежание появления прелости должен храниться в закрытых складах.

Условия приемки и испытания. ОСТ на морозиновые плиты не имеется. По „Временным техническим условиям“ Новстромтреста упаковка морозина (при помощи специальных пакочных прессов) производится в кипы размером $\frac{1}{4} \text{ м}^3$. При испытании поставляемого количества морозин делится на партии по 100 кип; от каждой партии отбирается одна кипа которая подвергается осмотру и оценке с точки зрения вышеприведенных характеристик морозина. В случае особой оговорки в заказе от пробной кипы отбирается одна плита для испытания. При неудовлетворительности результатов осмотра или испытания число проб от данной партии удваивается и при повторении неудовлетворительности партия может быть забракована.

Перспективы производства. Можно предвидеть, что морозин найдет себе наибольшее применение в сборном стандартном строительстве (не считая целевых термоизоляционных работ). Базой для его производства являются расширяющиеся с каждым годом посеы льна-долгунца. Свыше 40% (до 60%) от всего количества льна идет в отброс в виде костры, лишь небольшое количество которой используется на топливо и котонизацию.

Что касается вопроса об оптимальных размерах производственной установки, нужно заметить, что костра как сырье является чрезвычайно нетранспортабельной, и поэтому производство морозина должно рассчитываться с учетом привоза костры с дальних расстояний. Районами производства морозина являются районы культуры льна-долгунца, а именно пункты нахождения специализированных совхозов и колхозов.

Обычно установка по изготовлению морозина проектируется, как уже указывалось выше, в качестве подсобного цеха при производстве шевелина, что позволяет полностью использовать отходы шевелинового производства.

НТБ
ДНУЖТ

Шевелин

Определение. Шевелином называются стеганные полотнища — матрасики из отбросов льняного производства и фабричных угаров. Обработанное сырье располагается слоями между листами водонепроницаемой бумаги типа „джиант“ или „геркулес“, причем льняные волокна по всей длине полотна разделены на прослойки двумя промежуточными листами тонкой бумаги и прошиты по длине крепкой ниткой.

Края шевелина обернуты той же бумагой типа „геркулес“ и „джиант“ и прошиты вдоль для предохранения от растрепывания.

Шевелин изготавливается длиной в 25 м, шириной в 1 м и толщиной в 12,5 мм (одинарный) и 25 мм (двойной). В готовом виде шевелин сворачивается в рулон весом 40—45 кг при толщине в 12,5 мм.

Технологические процессы. Процесс изготовления шевелина распадается на следующие основные моменты: очистку пакли от костры, получение шевелинового холста, пошивку шевелина.

1. Очистка пакли от костры. Первичная обработка пакли производится на паклеочистительных машинах, соединяющих в себе работу волчка и трепки. При этом из пакли отходит до 60% костры, и засоренность пакли кострой после очистки не превышает 5—10%. Обычно здание шевелинового завода строится двухэтажное, и паклеочистительное отделение располагается во втором этаже, что дает возможность удаления костры самотеком.

Очищенное от костры волокно поступает в чесальное отделение на кардочесальные машины. Чесальное отделение располагается также во втором этаже.

2. Получение шевелинового холста. Процесс образования холста на кардочесальных машинах заключается в следующем.

Пакля, раскладываемая на питательном столике, непрерывно передвигается к питательным валикам машины, захватывающим паклю и подающим ее для обработки в машину. При этом значительная часть оставшейся костры, мелкого пуха и пыли отбивается и падает через решетку под машину; волокно же прочесывается и формируется в паутинообразную волокнистую сетку (ватку), накатывающуюся на холстовый барабан. При образовании холста между слоями волокна дважды пропускается белая бумага, заправляемая вручную заранее заготовленными отрезками определенного размера. Помимо этого между волокнами и бумагой пропускаются во все время образования холста армирующие нити, предназначенные для удержания волокна от спадания. Плотно прижимая волокно и белую бумагу к поверхности барабана, нити увлекаются движением холстового барабана. Процесс образования холста толщиной в 12,5 мм и длиной в 3 м продолжается около 1,5—2 мин. Как только необходимая толщина холста достигнута, движение холстового барабана приостанавливается и холст разрезается по прорезу, имеющемуся в барабане. После разреза холста барабан вновь пускается в ход, и холст свертывается в рулон. Рулонный холст подается из чесального отделения в пошивочное, обычно располагаемое в первом этаже.

3. Пошивка шевелина. До последнего времени пошивка шевелина производится вручную на пошивочных столах. Последние, размером 1×5 м, состоят из деревянных реек, прибитых на некотором расстоянии друг от друга к брускам деревянных козел. На пошивочные столы кладутся, по одному на каждый стол, рулоны бумаги „геркулес“ или „джиант“, раскладываемые по всей длине стола. По поверхности бумаги расстилают шевелиновый холст, сверху покрываемый бумагой другого рулона. Затем на верхний лист бумаги накалывается шаблон из оцинкованного кровельного железа, в котором имеется 5 рядов дыр, расположенных на расстоянии 5—6,5 см друг от друга. По этому шаблону в бумаге накалываются отверстия (более целесообразна замена шаблона деревянным точечным валиком с расположенными на нем по длине оси в несколько рядов иглами; валик передвигается по столу и накалывает отверстия).

Через образовавшиеся отверстия происходит прошивка холста при помощи вязальных крючков. После прошивки холста по длине всего стола в 5 рядов стежек заправляются и обшиваются бумагой края холста. Готовый тюфячок накатывается на особое мотовило, стоящее перед столом, а на столе вновь раскатывается рулон бумаги „джиант“ или „геркулес“, на нее раскладывается шевелиновый холст и т. д. Второй тюфячок пришивается к первому, и т. д., причем сшивка тюфячков продолжается до тех пор, пока общая длина шевелинового тюфячка не достигнет 25 м. После этого шевелин снимается с мотовила и скатывается в рулон, перевязываемый крестообразно веревкой.

Каждый пошивочный стол обслуживается двумя работницами, и часовая производительность стола представляет примерно 14 м² готового шевелина.

Расход материалов и рабочей силы. Расход пакли на 1 м² шевелина при толщине в 12,5 мм составляет около 1,7 кг; бумаги „геркулес“ или „джиант“ требуется 2,32 м², бумаги белой — 2,2 м² и ниток — 0,007 кг. Расход рабочей силы на 1 м² составляет около 0,072 дня.

Свойства. Объемный вес шевелина в свободном состоянии около 150 кг/м³.

Коэффициент теплопроводности не более 0,06 при сжатии шевелина с 12,5 до 10 мм толщины (обычно 0,038 — 0,040).

Воздухопроницаемость небольшая.

Гигроскопичность слабая.

Огнестойкость. Шевелин не обладает огнестойкостью и горит открытым пламенем.

Экономика шевелина. Отпускная цена 1 м³ шевелина одинарной толщины составляет 1 р. 30 к. и двойной толщины — 2 р. 20 к. Новостромтрестом произведено экономическое исследование эффективности шевелина в случае применения его в качестве утеплителя утоненной деревянной стены (проконопаченная деревянная стена в 10 см плюс слой шевелина двойной толщины плюс штукатурка по драге).

Общая толщина стены составляет в этом случае 15 см и вес 1 м² ее — 126 кг. Стоимость 1 м² стены равняется примерно 9 р. 40 к. Капиталовложения на строительство новых предприятий, приведенные к строительной единице зданий, таковы же, что при морозине.

Применение. Шевелин преимущественно применяется для изоляции железнодорожных изотермических вагонов. По мере развития его производства шевелин найдет себе применение в сборном стандартном строительстве (для заполнения щитов), для укрепления утоненных стен, перекрытий и т. п.

Шевелин должен храниться в закрытых помещениях и транспортироваться в закрытых вагонах.

Условия приемки и испытания. ОСТ на шевелин не имеется. По „Временным техническим услови м“ Новостромтреста, длина рулона шевелина составляет 25 м, а вес рулона одинарной толщины — около 45 — 50 кг. Поставляемое количество должно быть разделено на партии, не менее 60 рулонов в каждой. От каждой партии отбирается 1 рулон для обмера и осмотра согласно вышесприведенным характеристикам шевелина. В случае наличия особой оговорки в заказе от пробного рулона отрезается 1 м² для испытания, на расстоянии не ближе 10 м от края. В случае неудовлетворительности результатов осмотра и испытания число проб от данной партии удваивается, и при повторной неудовлетворительности вся партия может быть забракована.

Перспективы производства. Шевелин, равно как и морозин, без сомнения найдет себе наибольшее применение в сборном стандартном строительстве. База для производства шевелина такова же, что и для морозина. Значительные темпы сборного строительства, а равно растущий спрос на шевелин, как термоизоляционный материал, определяют возможный масштаб его производства. Некоторым препятствием для организации этого производства в системе промышленной кооперации является потребность в кардочесальных и пошивочных машинах (применение последних значительно сокращает расход рабсилы и повышает производительность установки).

ТОРФ-СФАГНУМ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НЕГО

Торф-сфагнум (строительный торф)

Торфом называется продукт медленного разложения (оторфованья) растительных остатков (трав, мхов, древесной растительности) в условиях недостатка воздуха при избытке влаги. По своему ботаническому составу торф может быть чрезвычайно различен (тростниковый, осоковый, камышевый, сфагновый и т. д.); столь же различна может быть и степень разложения торфа, зависящая от возраста и условий жизни болота при том или ином населении его. Мощность торфяников может достигать нескольких метров, причем на различных уровнях масса торфа обычно бывает неодинакова как по составу, так и по степени оторфованья.

В глубине торфяников разложение достигает сравнительно наибольшей степени, здесь масса имеет почти черный цвет и утрачивает волокнистую структуру, превращаясь при этом в так называемый топливный торф. С течением времени поверхность торфяника в результате наслоения новых остатков растительного мира повышается над уровнем питающих вод; создаются условия, неблагоприятные для жизни большинства присущих торфяным болотам видов травяной растительности, и болото порастает мхом-сфагнумом с примесями преимущественно пушицы, небольшого ко-

личества осоки и других спутников. Эти растения в свою очередь, наслаиваясь и подвергаясь разложению, образуют верхние слои торфа, залегающие непосредственно под живым растительным покровом болота. Слои эти носят название торфа-сфагнома. Мощность сфагномового, слоя достигает 2,5 м.

В строительстве находит себе применение почти исключительно торф-сфагнум, характеризующийся малым объемным весом и почти полным отсутствием древесных и минеральных остатков. Основными признаками достаточной степени разложения строительного торфа являются: светло-бурая (желто-бурая) окраска, хорошая различимость волокна при расщеплении образца и способность торфяной массы сцепляться в связные, крепкие, но легкие и эластичные куски с объемным весом не выше 150 кг/м^3 . По своему составу строительный торф помимо мха-сфагнома может содержать растение пушицу (бурые тонкие волокна и их пучки) и в незначительном количестве (до 25%) прочие примеси: осоку, богульник, кукушкин лен, вереск и т. д. Степень разложения строительного торфа составляет 2—20%.

Строительный торф (сфагнум) служит исходным сырьем для изготовления волокнистой дробленой засыпки, торфяного порошка, торфофанеры и торфяных плит различных систем. Он может применяться для изготовления пористого кирпича, в качестве легкого заполнителя при изготовлении легкобетонных камней и т. д. Торф-сфагнум применяется и в сельском хозяйстве в качестве так называемой торфяной подстилки, удобрения и т. д.

Свойства. Внешний вид. По своему внешнему виду торф-сфагнум в высушенном состоянии представляет собой мелкопористую светлорую массу крайне малого объемного веса, достаточно связную и крепкую, но в то же время эластичную.

Удельный вес торфа-сфагнома сильного разложения равен 1,37—1,462, а иногда значительно меньше.

Объемный вес зависит от содержания влаги и степени разложения торфа. Кубометр торфа, только что вынутого из болота, с 94—95% воды весит около 1000 кг. По высушке объемный вес снижается до 90—150 кг/м^3 .

Пористость малоразложившегося резного торфа доходит до 85—90%.

Влагоемкость торфа-сфагнома чрезвычайно велика: молодой малоразложившийся сырой торф может вобрать в себя до 1600—2400% воды по весу (Пухнер). Это свойство торфа-сфагнома чрезвычайно снижает его строительную ценность, так как сильно ограничивает возможность его применения. При увеличении степени разложения влагоемкость уменьшается.

Капиллярность торфа-сфагнома невысока. Вода проходит через массу торфа, не смачивая его. Следует заметить, что чем меньше первоначальная влажность торфа, тем сильнее проявляется свойство несмачиваемости.

Водопроницаемость. Торф во всех состояниях плохо проницаем для воды. Мелкий порошок, набухая, делается, подобно муке, почти вовсе непроницаемым, особенно в сухом виде. Мокрый насыщенный торф водопроницаем, и при этом тем сильнее, чем выше процент насыщения влагой.

Гигроскопичность сфагнома значительна. Так, для наиболее гигроскопичной формы молодого, малоразложившегося торфа за 3 недели влияния влажного воздуха она доходит до 16% от начальной влажности воздушно-сухого материала, равной также 16%. При уплотнении торфа гигроскопичность уменьшается. С гигроскопичностью сфагнома необходимо считаться так же, как и с влагоемкостью, проводя соответствующие конструктивные мероприятия.

Изменение объема. При увлажнении торфа происходит увеличение его объема на 45—80%. При высыхании торфа происходит усадка в пределах до 70%.

Теплопроводность торфа-сфагнома в просушенном состоянии крайне мала и тем меньше, чем больше пор и чем они мельче. Коэффициент теплопроводности λ нормально уплотненной массы размельченного сухого торфа в среднем равняется 0,05. Практически с учетом возможных дефектов, в выполнении строительных работ и дефектов, присущих самому торфу, λ приравнивается 0,06—0,07.

Огнестойкость. Торф трудно загорается (пламенем) и не распространяет горения, но начинает тлеть уже при температуре около 150° Ц. Интенсивность тления зависит исключительно от количества притекающего воздуха. С этим свойством сфагнома необходимо считаться при применении его в конструкциях, в той или иной степени подверженных действию огня.

Поглощение газов. Торф-сфагнум является хорошим поглотителем (абсорбентом) газов. Это свойство объясняется уплотнением газов (аммиак, углекислота, сероводород) в клетках и порах торфа, если последние неполностью залиты водой.

Поражение грызунами. Сфагнумовая среда по своей мягкости весьма доступна для грызунов. В то же время имеются указания, что в помещениях, изолированных торфом, мышей бывает меньше, чем в зданиях без такой изоляции. Очевидно это объясняется тем, что для грызунов вредны пыльность и кислотность торфяной массы.

Добыча торфа-сфагнома. Добыче предшествует осушка болот, производимая с помощью сети осушительных канав закладываемых на расстоянии не далее 40 м друг от друга на глубину до конца слоя неразложившегося торфа и во всяком случае не менее 0,7 м. Вслед за осушкой производится удаление древесной растительности, корчевание пней и выравнивание места разработок с удалением кочек.

Добыча торфа производится или фрезерным методом или путем вырезки кирпичей более или менее правильной формы, размером 30 × 15 × 10 см. Вырезка производится остро отточенными узкими резаками. Нарезанные кирпичи выбрасываются или вывозятся для просушки на болото, прилегающее к карьере (поля стилки), где и выкладываются в клетки по 5 кирпичей. После того как торфяные кирпичи окрепнут, они перекладываются в клетки по 25—50 шт. в каждой. В клетках через 15—20 дней (в зависимости от погоды) верхние кирпичи высыхают настолько, что уже могут быть пущенными в переработку, а из нижних рядов складываются новые клетки. Высушенные торфяные кирпичи (предельное содержание влаги 30—40%) могут быть либо немедленно пущены в переработку, либо убиты для длительного хранения в сарае или штабеля.

Торфяная засыпка

(волокнистая дробленая засыпка)¹.

Определение. Нормальная торфяная засыпка представляет собой торф-сфагнум, просушенный на воздухе, размельченный и для удобства обращения спрессованный в кипы. По внешнему виду непрессованная засыпка является сыпуче-волокнистой массой.

Свойства торфяной засыпки аналогичны вышеописанным свойствам строительного сфагнома.

Сырье. Сырьем для изготовления торфяной засыпки является торф-сфагнум слабого разложения с ясно выраженной волокнистой структурой. В торфе не должно быть живого неотторфованного верхнего покрова торфяника (очеса), равно как и нижележащих слишком разложившихся слоев залежи, утративших свою волокнистую структуру (разложение до 25%).

Производство засыпки. Предприятия по производству торфяной засыпки обычно бывают увязаны с добычей сырья. Производство засыпки состоит из следующих операций: выемки торфа из торфяных болот и его просушивания (см. выше), измельчения (дробления) сфагнома, если он добывается реznым способом, и его прессования.

¹ Технические условия на поставку и приемку строительного торфа (сфагнома) в виде волокнистой дробленой засыпки, торфяного порошка и топливной «крошки», в основном составленные В. А. Андреевским, равно как и «Технические условия на производство строительных работ с применением торфяных материалов», составленные им же, опубликованы в «Сборнике» № 2 «Постановлений и директив комиссии по строительству при СТО».

Дробление. Дробление воздушно-сухих торфяных кирпичей происходит на так называемых волк-машинах или при отсутствии таковых на молотилках. Волк-машины имеют два сближенных барабана с зубьями, вращающихся навстречу один другому с различной скоростью. Насаженные на барабанах жесткие зубья раздирают и расчесывают попадающий между ними торф. Для отделения слишком крупных кусков дробленая масса просеивается через сита. Отсеянная масса в сущности готова к употреблению в строительстве: однако в таком рыхлом виде она неудобна ни для перевозки, ни для хранения в сколько-нибудь значительном количестве, почему и подвергается прессованию.

Прессование. Прессование засыпки производится на прессах (преимущественно механических) при давлении до 2 кг/см^2 ; после прессования масса уменьшается в объеме в 2—3 раза. При наполнении прессовых ящиков сначала под засыпку, а после заполнения пресса, и сверху торфа укладываются деревянные планки, по которым впоследствии производится обвязка проволокой. Кипа вяжется железной отожженной проволокой (№ 15—16) в трех местах. Вес кипы нормальной влажности не должен превышать 80 кг.

Технические условия, предъявляемые к торфяной засыпке. Мелкость дробления. Частицы засыпки должны быть не крупнее 5 см, т. е. проходить через сито с квадратными отверстиями в 6 см. Возможно предъявление требования об отсутствии торфяной мелочи, проходящей через сито с отверстиями в 8 мм¹.

Объемный вес. Объемный вес дробленой засыпки в рыхлом состоянии (в виде свежей засыпки без уплотнения) при влажности 30—38% должен быть не больше 120 и не меньше 60 кг/м^3 . Уплотнение увеличивает объемный вес до 150—200 кг/м^3 , каковой вес и принимается при подсчетах веса конструкции.

Предельная влажность. Предельная влажность засыпки в отдельных пробах не должна превышать 40% по отношению к исходному весу образца, а средняя—33% (что составляет 50% влажности по отношению к абсолютно сухому образцу и примерно соответствует наибольшей сухости, достижимой при естественной сушке). Однако нередко влажность засыпки не удовлетворяет вышеуказанным нормам, и приходится применять засыпку с 50 и даже 60% влажности. Повышенная влажность засыпки может в некоторых случаях привести к чрезвычайно неприятным последствиям, особенно при соприкосновении засыпки с деревянными частями (усушка и коробление, появление грибка). В этом случае влажность засыпки при употреблении сухой древесины не должна превышать 35%, а при сырой и не гарантированной в смысле наличия грибка—30%. Лишь при возможности усиленной просушки засыпки (например при отоплении деревянных междуэтажных перекрытий, остающихся до просушки сфагнума незакрытым) возможно безболезненное применение засыпки с влажностью до 50%.

Меньшее значение имеет повышенная влажность засыпки при заполнении полостей в кладке Герарда. Здесь неблагоприятное влияние ее сказывается лишь в увеличении усадки торфяного слоя при высыхании и временное повышение коэффициента общей теплопередачи (до высыхания). В этом случае влажность засыпки может доходить до 40%.

При отоплении же торфяной засыпкой сводчатых кирпичных, бетонных, железобетонных и иных невозгораемых и незагнивающих междуэтажных перекрытий степень влажности засыпки не имеет значения, если поверх засыпки до ее просушки не устраивается половое настила.

Экономика Отпускная цена торфяной засыпки составляла в 1931 г. около 30 руб. за тонну франко-станция отправления.

Новостромтрестом произведено исследование экономической эффективности применения торфяной засыпки в качестве утеплителя обшивной деревянной стены (дерево 2,5 см плюс засыпка 10 см плюс прокладка толя плюс дерево 2,5 см плюс обои по бумаге). Общая толщина стены составляет в этом случае 15 см и вес 1 м^2 ее — 64 кг. Стоимость 1 м^2 стены при вышеприведенной отпускной цене засыпки равняется примерно 5 р. 93 к., что значительно ниже стоимости всех прочих комбинированных конструкций.

¹ Отсеянная через сито в 8 мм торфяная мелочь, называемая торфяным порошком, может применяться наподобие дробленой засыпки, удовлетворяя тем же требованиям в отношении состава и влажности, что и последняя.

НТБ
ДНУЖТ

Применение. Торфяная засыпка применяется в строительстве главным образом для заполнения пустот в деревянных обшивных стенах, но могла бы широко использоваться и в других случаях, например в кирпичных стенах системы Герарда и т. д. Равным образом ею пользуются для утепления междуэтажных и кровельных перекрытий в качестве органического заполнителя при изготовлении легкобетонных камней и глинокальцинированных блоков¹ и т. д.

Наибольшее применение засыпка имеет для заполнения полостей в стенах (ширина 12—15 см) и для утепления перекрытий. Возможно считать, что слой торфяной засыпки, толщиной в 6—7 см, эквивалентен по своим тепловым свойствам, кирпичной стене, толщиной в 2½ кирпича. При выполнении работ необходимо помимо наблюдения за сухостью засыпки обращать надлежащее внимание на плотность утрамбовки массы, на пожарную безопасность и особенно на своевременное удаление влаги, могущей проникнуть в засыпку.

Степень уплотнения. При засыпке полостей рыхлая масса торфа должна равномерно утрамбовываться для лучшего заполнения всех впадин и во избежание последующей усадки за счет остающихся пустот и ослабления упругости неплотной массы. Нормальным уплотнением следует считать такое, при котором рыхлая масса сжимается вдвое, т. е. почти до плотности спрессованного торфа. Чем больше влажность засыпки, тем сильнее должно быть ее уплотнение ввиду последующей усушки и уменьшения упругости массы.

Насыпка торфа должна производиться слоями не толще 30—40 см, каждый ряд с утрамбованием, как только что сказано, до толщины, примерно вдвое меньшей, чем толщина слоя рыхло насыпанной торфозасыпки.

Во избежание образования пустот и увеличения вследствие этого теплопередачи стены необходимо предусматривать в конструкциях стен возможность последующей досыпки на случай осадки торфяного прослойка и создавать преграды, мешающие усадке. При утеплении перекрытий, необходимо смачивать засыпку минеральным прыском (одновременное предотвращение пылеобразования).

Пожарная безопасность. В разделе о свойствах строительного торфа указывалось, что последний хотя и не горит пламенем, но легко тлеет; при этом длительность, равно как и интенсивность тления, зависит исключительно от количества прибывающего воздуха. В связи с этим применения торфяной засыпки в чистом виде в опасных в пожарном отношении местах не допускается (необходимо смешивание ее с глиной или известковым тестом или же вымачивание засыпки в глиняном или известковом молоке). В частности в местах, прилегающих к дымоходам, торфяная засыпка должна располагаться от дымоходов на таком же расстоянии, как это принято для деревянных частей.

Условия влажности. Ввиду значительной влагоемкости и гигроскопичности строительного торфа целесообразно применять засыпку лишь в тех частях здания, где она не может отсыревать или намачиваться. Помимо этого, учитывая возможность развития грибка в прилегающих к засыпке деревянных конструкциях, желательно применять лишь сухую засыпку с влажностью, не превышающей 30—35%. Но так как эти условия в ряде случаев невыполнимы, то следует заблаговременно принимать меры, обеспечивающие достаточное проветривание конструкций и отдачу влаги из засыпки в окружающую атмосферу. В частности при употреблении торфа для утепления деревянных перекрытий необходимо оставлять

¹ Как уже указывалось выше, при изготовлении легкобетонных камней торфозасыпка уступает другим органическим заполнителям, например опилкам.

вентиляционные решетки¹ и вообще проводить мероприятия, препятствующие проникновению и застаиванию в массе торфа паров комнатного воздуха (по избежание их конденсации и увлажнения массы). Так весьма полезно устройство плотной внутренней обшивки и воздухопроницаемой наружной обшивки: при невыполнении данных условий обязательно устройство вентиляции наружу и т. д.

В соответствии с вышеописанным недопустимо применение засыпки:

а) без полной изоляции против проникновения в торф сырости, впитываемой фундаментом из грунта и

б) для отопления помещений, в которых неизбежна постоянная влажность (бани, прачечные и т. д.), если не приняты специальные меры, исключающие возможность проникновения воды и паров в массу торфа.

Хранение торфяной засыпки. Торфяная засыпка, доставленная на постройку, должна быть защищена от дождя и грунтовой сырости и от засорения ее мусором. Засыпка, просыпавшаяся на землю и сметаемая вместе с частицами грунта и мусора, не должна употребляться².

Торфоизоляционные плиты (торфоплиты)

Определение. Торфоизоляционными плитами называются плиты, искусственно вырабатываемые из торфа путем его измельчения и последующего прессования в определенных стандартных размерах.

Производство торфоизоляционных плит существует в довольно большом масштабе в Германии (торфолеум) и с 1928 г. начало развиваться в СССР.

Сырьем для изготовления торфоизоляционных плит является строительный торф. В соответствии с назначением материала сырье для плит должно быть высококачественное, именно: содержание пушицы в торфе не должно превышать 10%, а древесных остатков и кукушкиного льна не должно быть совсем. Разложение массы не должно превышать 10%, в среднем 7%.

Производство плит. Торфоизоляционные плиты могут изготавливаться двумя способами: мокрым и сухим. При производстве по мокрому способу сырьем служит торф-сырец, добываемый непосредственно из болота, а при производстве по сухому способу — высушенный строительный торф. Качество плит, изготовленных по мокрому способу, выше, нежели плит, изготовленных по сухому способу. В связи с этим за границей применяется исключительно мокрый способ, преимущественно принятый также и в СССР.

Мокрый способ. Производство плит по мокрому способу состоит из следующих операций: дробления и разжижения массы, прессования, сушки и окончательной отделки плит.

Дробление и разжижение массы. Свежедобытый торф загружается в волк-машину, где расщепляется и измельчается до состояния мягкой каши. Последняя поступает в мешальные чаны, где разжижается путем добавления теплой воды до влажности 95—96%. После минутного размешивания масса, приобретающая еще более тонкое строение, сливается в резервуар, питающий прессовые формы.

Формовка и прессование. Прессовая форма представляет собой железную раму, по размерам соответствующую размерам плит. Внутри формы вкладывается поддонный железный лист с пробитыми отверстиями для стока воды и сетка-подкладка. Форма наполняется жидкой массой через порционатор и покрывается второй сеткой (сетки придают плите

¹ Помимо этого во избежание появления грибка целесообразно предварительное антисептирование дерева, просыпка торфа антисептиком (например медным купоросом) и во всяком случае изоляция торфа от дерева путем подстилки толь-кожи или промасленной белой бумаги. При этом возможность поражения грибом сводится до минимума (пример: деревянные междуэтажные перекрытия в доме РЖСКТ „Показательное строительство“—Москва).

² В некоторых случаях в качестве засыпки преимущественно для утепления перекрытий применяется топливная крошка, представляющая собой мелкие частицы сильно разложившегося топливного торфа (например фрезерный торф). Объемный вес рыхло насыпанной крошки значительно выше объемного веса торфяной засыпки и при влажности в 35% доходит до 400—450 кг/м³ (обычно 250—350 кг/м³). Преимуществом топливной крошки является ее негигроскопичность. Недостатками: ухудшенные теплоизоляционные свойства, сильный распыл при работе, отсутствие эластичности и меньшая транспортабельность (перевозка в рыхлом непрессованном состоянии).

НТБ
ДНУЖТ

рельефные очертания) и железной крышкой, плотно входящей в раму. Наполненная и закрытая форма поступает под гидравлический пресс (сила давления 2—3 кг/см²), где происходит отжатие избыточной воды и придание плите равномерной плотности. После этого плита выталкивается на сетку-подкладку, на которой остается до конца производственного процесса. Вынутые плиты нагружаются на сушильные вагоны и поступают в сушилки.

Сушка. Сушка плит производится в искусственных сушилках с паровым отоплением (перегретый пар) и распадается на две стадии: собственно сушки (температура 150—160° Ц) и термической обработки (120°). Процесс сушки и термической обработки длится 22—24 часа; в результате его происходит изменение структуры торфа и начинается его сухая перегонка. Плиты становятся менее влагоемкими и приобретают свойство козренции¹.

Высушенные плиты остужаются, снимаются с рамок и после окантовки пакуются в пачки емкостью в 0,5 м³.

Сухой способ. Производство плит по сухому способу состоит из следующих операций: дробления и смешения массы, прессования и сушки.

Дробление, расчесывание и смешение массы. Высушенные торфяные кирпичи поступают в волк-машину, а оттуда для дополнительного распушения в волчки. Расчесанная и распушенная масса с влажностью около 50—55%, через поршнатор засыпается в прессовые формы такой же длины и ширины, что и при мокром способе, но несколько выше.

Прессование. Форма засыпается на высоту, примерно в 4 раза большую, нежели толщина будущей плиты, и покрывается железной крышкой, плотно входящей в раму формы. Наполненная и закрытая форма поступает в гидравлический пресс (сила давления — 3,5 кг/см²), а после прессования зажимается сквозными железными стержнями и отвозится в сушилку.

Сушка. Сушка плит производится в искусственных сушилках при температуре 100—150° Ц в течение около 11 часов. Высушенные плиты освобождаются из форм, охлаждаются и пакуются.

Размеры. Торфоплиты согласно ОСТ изготавливаются размером в 100 × 50 см при толщине в 2,5 и 3 см. Отклонения от заданной толщины не должны превышать 10%.

Свойства. Внешний вид. Торфоплиты должны быть плоскими, без изгибов и искривлений, с отклонением отдельных точек от идеальной плоскости не больше, чем на 1% от плиты. Форма плит должна быть прямоугольная с ровными обрезами и точно соответствовать стандартным размерам.

Плиты с поверхности имеют рифленую клетку, что содействует сцеплению плит со штукатуркой.

Объемный вес. Объемный вес торфоплит зависит от примененного способа выработки. Для плит, изготовленных по мокрому способу, он составляет 110—170 кг/м³, в среднем 140—150 кг/м³, и для плит, изготовленных по сухому способу — 200—250 кг/м³.

Механические свойства. Прочность плит, изготавливаемых по мокрому способу, обуславливается взаимным переплетением мелких волокон торфа и набуханием коллоидальных элементов, в результате распаривания частиц торфа. При сушке часть коллоидов переходит в необратимое состояние, плиты упрочняются и становятся достаточно атмосфероустойчивыми.

Временное сопротивление торфоплит сжатию перпендикулярно торцу составляет 4—5 кг/см² и перпендикулярно плоскости прессования (до начала деформации) — около 2 кг/см².

Временное сопротивление изгибу колеблется; оно должно быть не менее 2 кг/см² но доходит до 4 кг/см².

В соответствии со столь незначительной прочностью торфоплиты не могут рассматриваться как материал, воспринимающий нагрузки, а исключительно лишь как термоизоляторы.

Влагоемкость. Влагоемкость плит различна в зависимости от способа их производства. Нормально изготовленные и термически обработанные плиты показывают незначительное насыщение влагой и отдают ее обратно

¹ Козренцией называется способность сохранять постоянство формы и объема после впитывания воды и высыхания.

не изменяясь при этом в форме и объеме (свойство коэренции). Плиты плохого качества поглощают значительное количество воды. Обратная отдача влаги протекает с трудом и в плитах имеется остаточное увеличение объема (преимущественно в направлении толщины плиты).

Согласно проекта ОСТ, плиты после 24-часового пребывания под водой не должны деформироваться и поглощать воды, в количестве большем 180% их первоначального веса и увеличиваться в объеме более, чем на 10%.

Гигроскопичность. Гигроскопичность торфо плит относительно незначительна и не вызывает сомнений в их пригодности. Согласно проекта ОСТ содержание гигроскопической влаги в плитах при обычных атмосферных условиях не должно превышать 20%.

Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности соответственно составляет 0,04—0,05 и 0,05—0,06. В термическом отношении кирпичная кладка толщиной в 1 кирпич, утепленная торфо плитой толщиной от 2,5 до 3 см, дает стену, эквивалентную стене в 2½ кирпича как в отношении теплопроводности, так и в отношении теплоустойчивости.

Воздухопроницаемость. В соответствии с наблюдениями над опытным строительством с применением торфо плит в качестве термоизолятора утоненных стен, возможно сделать вывод о достаточном сопротивлении торфо плиты воздухопроницаемости.

Огнестойкость. Торфо плиты не горят открытым пламенем, но тлеют. Огнестойкость плит может быть достигнута лишь путем обработки массы специальными химическими реактивами.

Загниваемость. На основании произведенных испытаний над изготовленными в СССР плитами можно констатировать, что сухие плиты не являются благоприятной средой для развития грибов и плесени.

Возможность поражения грызунами. Устойчивость против грызунов может быть придана торфо плитам путем введения в торфяную массу яда в виде различных химических добавок (например углекислого бария).

Абсорбционная способность. Ранее было указано на присущее строительному торфу свойство абсорбции газов. Процессы обработки, которым торф подвергается при изготовлении плит, мало изменяют данное свойство, и торфо плиты можно рассматривать как газопоглощающее ограждение.

Следует заметить, что структура сухих плотных плит менее благоприятствует абсорбированию.

Экономика. Отпускная цена торфо плит составляла в 1932 г. около 2 р. 65 к. за 1 м³. Новостростромом произведено исследование экономической эффективности торфо плит в случае применения их в качестве утеплителя для кирпичной кладки в 1 кирпич (кладка в 1 кирпич плюс 0,5 см гудрона плюс торфо плита толщиной в 3 см плюс штукатурка по металлической сетке). Общая толщина стены составляла таким образом 30 см и вес 1 м² стены равен примерно 420 кг. Стоимость 1 м² такой стены 15 р. 40 к. или 57,0% от стоимости обыкновенной кирпичной стены толщиной в 2½ кирпича.¹ Транспортабельность торфо плит значительно выше обыкновенного кирпича: а именно: если допустить, что плита в 3 см заменяет собой 1½ кирпича, т. е. 0,03 м³ эквивалентно примерно 165 кирпичам (в 1 м³ содержится 5500 шт.), то грузоподъемность железнодорожного вагона (емкостью 25 м³) составит $\frac{25}{0,03} \times 165 = 137\,500$ против 5 тыс. шт. для обыкновенного кирпича.

Применение. Торфоизоляционные плиты применяются за границей:

1) Для утепления наружных стен, а именно:

а) несущих кирпичных стен как путем укладки плит снаружи или изнутри стены, прикрепленных к заранее заложенным в стене деревянным просмоленным пробкам (фиг. 132—133), так и путем закладывания тор-

¹ При отпускной цене в 2 р. 65 к. за 1 м².

фяной плиты между двумя рядами кладки в $1\frac{1}{2}$ кирпича (фиг. 134), (наиболее рациональное конструктивное решение);

б) для заполнения каркасных систем путем замены заполнений в $2\frac{1}{2}$ кирпича кладкой в 1 кирпич с прибивкой плит толщиной в 3 см изнутри (при изоляции снаружи получается лучшая теплоустойчивость, но создается весьма затруднительная задача защиты торфяной плиты от атмосферных влияний);

в) бетонных стен, путем подклеивания плит на внутреннюю поверхность кладки по горячему гудрону (фиг. 135) или же путем прибивки к предварительно заложенным пробкам.

г) досчатых стен путем прибивки плит к стенке изнутри с оштукатуркой по рейкам, переплетенным оцинкованной проволокой или обитым дранью;

д) досчатых стен—плитами и воздушной прослойкой, образуемой прибивкой плит по планкам;¹

е) для заполнения щитов при сборном домостроении.

2) Для утепления междуэтажных перекрытий путем прокладки плит по продольным и поперечным брускам, прибиваемым к балкам, или прокладкой плит по бетонной плите (фиг. 136).

3) Для утепления крыш путем прибивки плит к стропилам по досчатой обрешетке с оштукатуркой по драни.

4) Для устройства внутренних перегородок (например заполнение плитам в один или в два ряда брусковой решетки с просветами с последующей двухсторонней оштукатуркой по драни).

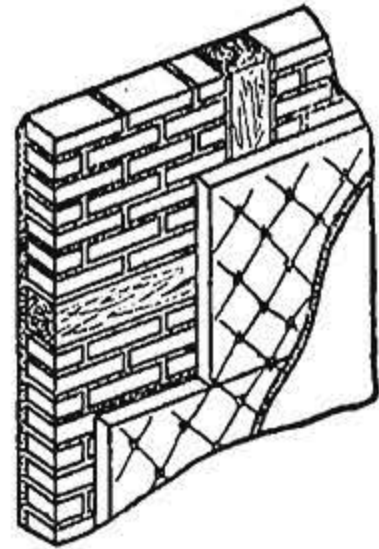
5) Для изоляции холодильников, изотермических вагонов и т. п.

Во всех случаях плиты прикладываются к стене вперевязку. Прикрепление производится обычно при помощи больших гвоздей, загоняемых в швы кладки не менее, чем на 5—6 см² (при кладке в пустошовку производится предварительная закладка деревянных пробок).

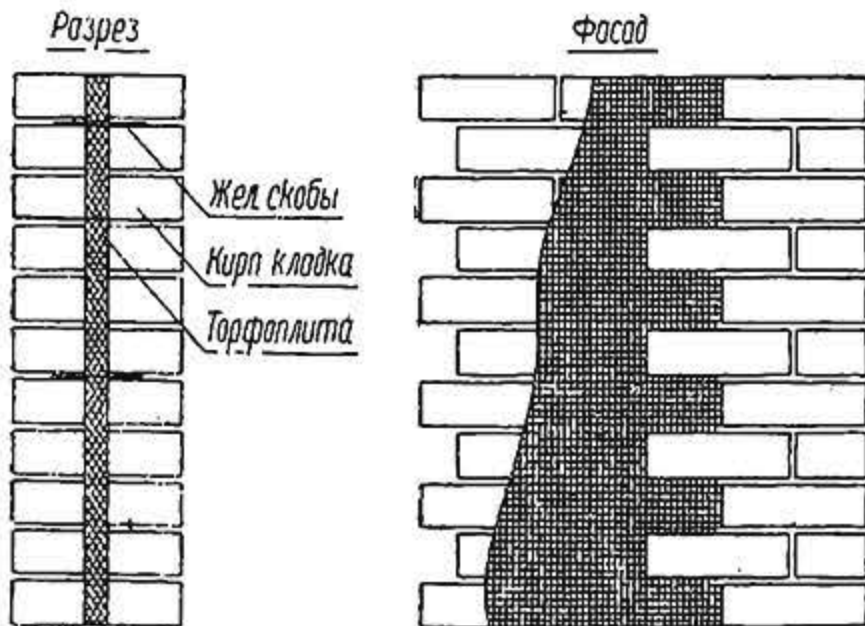
Во избежание коробления плит прибивка их должна быть как по углам, так и хотя бы в одном месте посредине плиты (до 8 гвоздей на плиту). Перед вколачиванием на гвоздь надевается подкладная треугольная шайба, увеличивающая опорную поверхность шляпки гвоздя и тем самым укрепляющая прочнее плиту к стене. Шляпки гвоздей обматываются оцинкованной миллиметровой проволокой, натягиваемой между

1 Необходимо учитывать, что при этом получается воздухонепропускаемый слой, что не везде и не всегда допустимо.
2 Гвозди ни в коем случае не должны проходить насквозь стены, так как в этом случае неминуемо промерзание.

Штукатурка
Кладка
Торфолеум - 3 см
Оплетение
Штукатурка



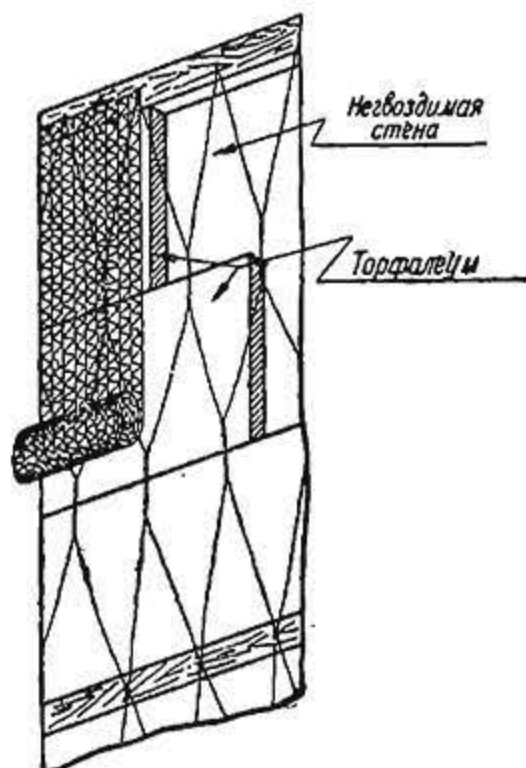
Фиг. 132 и 133. Кладка в один кирпич с утеплением торфолеумом.



Фиг. 134. Утепление торфолеумом утонченной кирпичной стены.

НТБ
ДНУЖТ

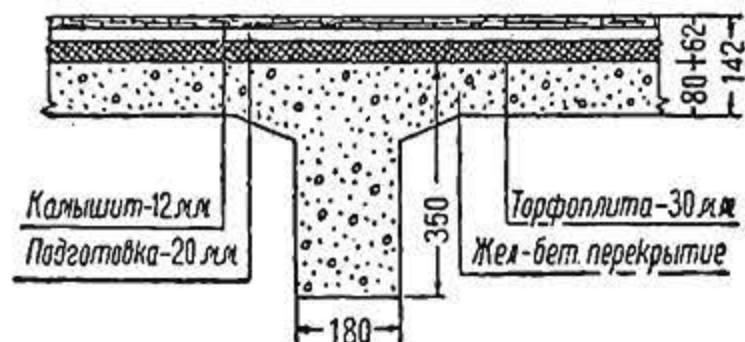
гвоздями в диагональном направлении и прижимающей плиты к стене. Эта же проволока одновременно является держателем штукатурки.



Фиг. 135. Утепление торфолеумом невоздущимой стены.

Штукатурку рекомендуется производить в два приема: сначала набрызгивать чистый гипсо-песчаный раствор, а затем — известково-гипсовый.

В тех случаях, когда требуется устойчивость изоляции против сырости (например при изоляции холодильников), торфоплиты должны быть со всех сторон гудронированы (прикрепление к стене также



Фиг. 136. Утепление торфолеумом железобетонного перекрытия.

на гудроне). Прикрепление гудронированных плит снаружи стен допускается лишь после полной просушки их.

В условиях СССР наиболее вероятно преимущественное применение торфоизоляционных плит в качестве специальной изоляции холодильников изоляционных вагонов и т. п.

Торфофанера

(теплая фанера В. А. Андреевского)

Определение. Торфофанера представляет собой сложную плиту, окаймленную или неокймленную жесткой деревянной рамкой, которая образуется при соединении в одно целое двух покрышек из клееной фанеры с прослойкой из плиток строительного торфа.

Сырьем для изготовления торфофанеры являются строительный торф-сфагнум, клееная фанера и альбуминный (водоустойчивый) клей.



Фиг. 137. Стандартный элемент из торфофанеры.

Изоляционная прослойка изготавливается в большинстве случаев из натуральных разных плиток торфа-сфагнума (30 × 20 см)¹, качество которого должно удовлетворять условиям, изложенным выше. Сфагнумовые плитки не должны иметь прослоек и должны быть однородными по своей структуре и механическим свойствам. Сфагнум, вырезанный из болота, подвергается сначала естественной, а затем искусственной сушке с тем, чтобы его конечная влажность не превышала 15%.

Фанера. Клееная фанера может быть толщиной в 3,4 и 5 мм.

Конструкция плит. Торфофанера может изготавливаться в двух видах: с окаймляющими рамками (фиг. 137) и без таковых. Целью введения рамок является главным образом придание краям жесткости и достижение прочных и жестких соединений соседних листов на промежутках между параллельными опорами (четверть, шпунт). Таким образом торфофанера

¹ Возможно, но не практикуется изготовление прослойки из искусственных торфоплит.

НТБ
ДНУЖТ

с рамками представляет собой жесткий щит, могущий применяться в качестве стандартного элемента при сборном домостроении.

Плиты изготавливаются размером в $1,0 \times 1,0$ м, при толщине в 3,5 и 7 см. При наличии соответствующих прессов размер плит может быть таким же, как и размеры фанеры.

Свойства. Внешний вид. По своему внешнему виду торфофанера представляет собой большие теплоизоляционные плиты с жесткими и чистыми поверхностями. Обрез плит должен быть под прямым углом. Сфагnumовая прослойка должна быть хорошо склеена с фанерой и не должна высыпаться от тряски и ударов по поверхности плит. Промежуток между отдельными плитками не должен превышать 3 мм.

Объемный вес торфофанеры меняется в зависимости от толщины торфофанеры, толщины покрышек и силы прессования в пределах от 200 до 300 кг/м³. При толщине торфофанеры в 5 см и 3-миллиметровой покрышке объемный вес составляет около 240 кг/м³.

Механические свойства. Механическая прочность торфофанеры зависит от силы прессования, от толщины плиты, толщины покрышек, от жесткости скрепления и от того, в каком направлении по отношению к волокнам фанеры приложена нагрузка. Как известно, сопротивление фанеры на изгиб и излом больше поперек волокон, нежели вдоль, каковое обстоятельство и должно учитываться при прикреплении торфофанеры. Так например при заборке плитами торфофанеры деревянного каркаса волокна фанеры должны быть направлены перпендикулярно опорам т. е. в горизонтальном направлении.

Согласно проекта ОСТ плиты торфофанеры с покрышками фанеры при расположении волокон последней перпендикулярно к направлению опор должны выдерживать сосредоточенный на середине груз по 15 кг для 30 мм торфофанеры, по 20 кг для 50 мм и по 25 кг для 70 мм на каждые 20 см ширины испытуемого образца при пролете в 0,95 м. Допускаемый прогиб при указанных нагрузках и пролете не должен превышать 20 мм.

При изготовлении торфофанеры в виде окантованных рамками стандартных элементов прочность ее значительно повышается.

Сопrotивляемость удару у торфофанеры относительно невелика, и при резких ударах возможно местное разрушение покрышек и прослойки торфофанеры. Опасность разрушения уменьшается по мере утолщения покрышки (с 3 до 6 мм).

Коэффициент теплопроводности. По данным проф. Беляева, коэффициент теплопроводности (λ) образцов теплой фанеры, при общей толщине в 50 мм и фанерных покрышек в 3 мм равняется 0,045.

Согласно проекта ОСТ коэффициент теплопроводности торфофанеры с толщиной обеих покрышек, не более 12% от общей толщины плит, не должен превышать при 0°С—0,06. При этом условии торфофанера, толщиной в 7 см, по своим теплозащитным свойствам, эквивалентна кирпичной стене толщиной в 2¹/₂ кирпича.

Устойчивость против атмосферных влияний. Будучи подвергнута непосредственному действию воды и атмосферных осадков, торфофанера портится. Надлежащая устойчивость может быть придана ей лишь в случае соответствующей пропитки фанерных покрышек водоупорными составами, а также путем покраски, штукатурки и т. д.

Гигроскопичность. Торфофанера гигроскопична менее, чем строительный торф, так как в ней торфяная прослойка в главной части защищена. Что касается ее нормальной влажности, то высший предел влажности выпускаемой продукции предусмотрен „Техническими условиями“ Новостромтреста в 18—20%.

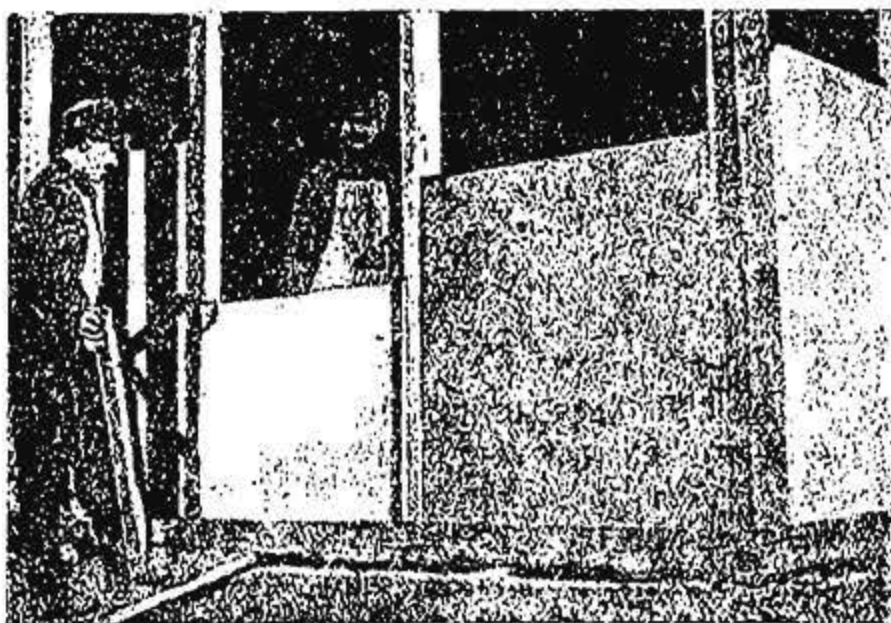
Огнестойкость. Торфофанера не является огнестойким материалом и при ее применении должны предприниматься соответствующие противопожарные меры.

Удобство обработки. Сфагnumовая прослойка хорошо пилится и режется. А так как и фанера обладает такими же свойствами, то торфофанера легко поддается обработке.

Производство торфофанеры. Технологический процесс производства торфофанеры складывается из следующих операций: подготовки сфагnumовой прослойки, сборки плиты и склеивания прослойки с фанерой (под горячим прессом).

Подготовка сфагnumовой прослойки. Добытый из болота строительный торф содержит после естественной просушки до 40 — 50% воды. В целях удаления воды из торфа, а равно для возможности его термической обработки (последующее уменьшение гигроскопичности) торфяные плитки искусственно высушиваются. Просушенные плитки нарезаются на пластины той толщины, которая соответствует толщине торфофанеры, окантовываются и поступают в сборку.

Сборка плит. Сборка плит производится в специальных рамках, по своим размерам отвечающих заданным размерам торфофанеры. Рамки заполняются торфяными плитками, покрываются с двух сторон листами фанеры, намазанными альбуминовым клеем, и направляются на фанерной подкладке в фанерный пресс (гидравлический этажный пресс с 10 — 15 обогреваемыми паром металлическими плитами) для горячего склеивания. При изготовлении стандартных элементов в сборочные рамки закладываются вторые рамки, заклеиваемые фанерными крышками одновременно с прослойкой.



Фиг. 139. Установка торфофанеры.

фанерными крышками одновременно с прослойкой.

Склеивание прослойки с фанерой. Целью горячего прессования является главным образом ускорение склеивания фанеры с торфом. Теплопроводность торфофанеры будет тем больше, чем больше ее объемный вес, т. е. чем больше давление пресса. В соответствии с этим сила прессования назначается возможно меньшей в пределах, достаточных для сглаживания неровностей и искривлений фанерных листов и выравнивания неточности в толщинах торфяных плит.

Вынутые из пресса плиты после охлаждения и просушки, что занимает 3—4

дня, окантовываются на циркульных пилах и могут быть употреблены в дело.

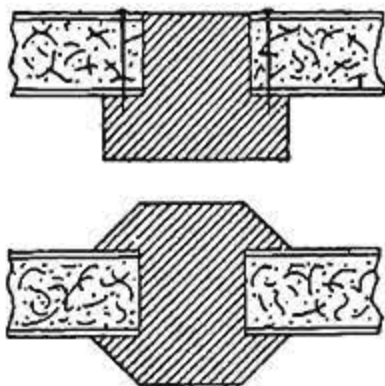
Экономика. Отпускная цена торфофанеры составляла в 1931 г. в зависимости от сорта примененной фанеры от 52 до 117 руб. за 1 м³. Согласно данным Новостромтреста показатели эффективности торфофанеры следующие: при применении торфофанеры толщиной в 7 см в качестве обшивки деревянного каркаса вес 1 м² стены составляет 25 кг и стоимость — 7 р. 47 к против 27 руб. для кирпичной стены. Транспортабельность торфофанеры значительно выше, чем обыкновенного кирпича, а именно: если произвести подсчет транспортабельности по площади стен, которые можно возвести из того или иного материала, то при перевозке торфофанеры в вагон вмещается количество торфофанеры, эквивалентное 82 500 шт. обыкновенного кирпича (обыкновенного кирпича в вагон входит 5000 шт.).

Применение. Торфофанера может применяться в качестве несущего стенового элемента (строительство сборно-разборных переносных бараков из стандартных элементов), в качестве заполнения каркасных систем (фиг. 138) (преимущественно сборное домостроение), для утепления междуэтажных перекрытий, для устройства перегородок и т. д.

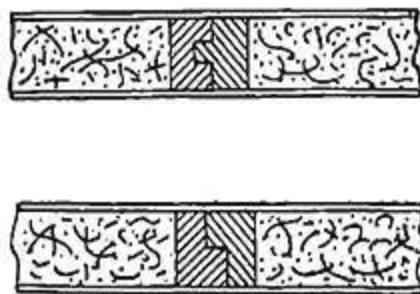
Торфофанера хорошо держит штукатурную дрань и нанесенную на ней штукатурку. При оштукатурке внутренних поверхностей торфофанеры дрань набивается по водонепроницаемой бумаге; при оштукатурке наружных поверхностей — обычно по рогоже (возможно и без таковой).

Торфофанера прибивается к несущим элементам гвоздями. При употреблении стандартных элементов или при совпадении стыков торфофанеры со стойками соединение их между собой не внушает опасений в смысле появления щелей, несовпадения обрезов покрышек, невозможности прошпаклевки швов и т. д. В этих случаях плиты могут закладываться в пазы или четверти стоек (фиг. 139) и балок. Стандартные же

элементы могут соединяться в шпунт или четверть (фиг. 140). Совершенно иначе обстоит дело с соединениями торфофанеры, не окаймленной рамкой, тогда, когда стыки не находятся на несущих поверхностях или опорах. При этом возможны два типа соединений: жесткое (наиболее



Фиг. 139. Соединение торфофанеры со стойками.



Фиг. 140. Соединение стандартных элементов.



Фиг. 141. Мягкое соединение торфофанеры.

целесообразно), когда фанерные покрышки непосредственно прикрепляются к деревянной доске, брусу и т. д., и, следовательно, концы их не находятся на сжимающемся слое торфа и мягкое, когда плиты прикрепляются или соединяются через слой торфа (фиг. 141).

ГЛАВА V

ПЕРЕГОРОДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При выборе материалов для устройства перегородок необходимо считаться, с одной стороны, с назначением строящегося здания (промышленное или жилое), а с другой — со свойствами материала: его объемным весом, теплоемкостью, звукопроводностью, огнестойкостью, прочностью, гвоздимостью и т. д.

Для облегчения конструкций, в случае устройства перегородок на междуэтажных перекрытиях или при подвешивании их к столбам или стенным опорам, следует стремиться к применению материалов с меньшим объемным весом. Однако материалы с очень малым объемным весом имеют некоторые существенные недостатки, делающие их мало пригодными для устройства перегородок в жилых зданиях. Теплоемкость подобных материалов невелика, что, при одновременном применении недостаточно теплоустойчивых материалов на наружные ограждения, приводит к неудовлетворительному теплотехническому решению. Кроме того, звукопоглощаемость материалов с небольшим объемным весом также будет относительно неудовлетворительной¹. Помимо этого вводимые с целью уменьшения объемного веса перегородочных материалов заполнители в некоторых случаях ухудшают гвоздимость перегородок.

В соответствии с изложенным принято считать, что наиболее приемлемым весом для перегородочных материалов является 600—1000 кг/м³.

С различной степенью огнестойкости перегородочных материалов необходимо считаться как в жилищном (междуквартирные перегородки), так и в промышленном строительстве. В последнем случае наличие огнестойких перегородок позволяет свести до минимума количество брандмауэров.

Прочность перегородочных материалов может быть различна, в зависимости от того, являются ли они несущими или ненесущими, самонесущими или закрепленными в каркасе, имеется ли угроза повреждения ударом и т. д.

Прочность материала и его объемный вес определяют возможную толщину перегородки, каковая во всех случаях должна быть наименьшей для сокращения потери полезной площади.

Большое значение имеет также скорость приготовления перегородочных материалов, если производство таковых может быть организовано на стройке, и быстрота сборки материалов в готовую перегородку. Последнее свойство определяется исключительно способом производства работ и размером изготавливаемых фабрикатов.

Вышеизложенное позволяет классифицировать перегородочные материалы по следующим основным признакам: по степени сопротивления дей-

¹ Конечно не следует упускать из виду, что в значительной степени звуковые свойства перегородок зависят от конструкции здания, имеющихся сквозных отверстий и т. д.

ствию огня, по характеру работы перегородок, по роду материалов, по прочности, по звукопроводности, по способу производства работ и наконец потому, возможна ли разборка установленных перегородок и повторное использование материалов¹.

По степени сопротивления действию огня перегородочные материалы разделяются на несгораемые, огнестойкие и защищенные от возгорания. К несгораемым материалам относятся: фибролит, гипсолитовые доски (см. дальше), асбофанера и т. д. К огнестойким материалам, т. е. способным длительно сопротивляться действию огня, могут быть отнесены: кирпичи разных видов, бетонные камни, камышит (соломит) и т. д. Защищенными от возгорания материалами являются: дерево, различные торфяные плиты, торфофанера и т. д., если их поверхность защищена огнестойкой одеждой (например штукатуркой) или каким-либо огнеупорным материалом.

Прочность. Прочность перегородок может определяться путем их испытания на раздавливание и изгиб (ОСТ) и путем испытания на удар. Наиболее часто применяется последний способ, причем удар производится тараном. При этом оказывается, что перегородки, собранные из элементов небольшого размера (гипсолитовые, фибролитовые, каменные перегородки), подвергаются разрушению только в месте удара, и трещины ограничиваются швами, более или менее близкими к месту непосредственного удара. Наиболее прочными перегородками являются перегородки кирпичные, из штучных камней и гипсолитовые. Особое значение имеет прочность материалов в том случае, когда предполагается устройство так называемых несущих перегородок, назначение которых заключается не только в ограждении помещений, но и в восприятии нагрузок от перекрытий.

Звукопроницаемость. Наиболее звукопроницаемыми перегородками являются железобетонные (что не имеет значения, так как они применяются исключительно в промстройтельстве) и деревянные. Затем следуют гипсолитовые и фибролитовые перегородки.

По способу производства работ перегородки делятся на три типа: 1) из штучных камней, 2) набивные на месте и 3) из отдельных плит. По быстроте изготовления наиболее выгодными являются переборки, собираемые из отдельных плит: фибролитовые и гипсолитовые, не требующие к тому же в большинстве случаев устройства каркаса. При возведении жилых зданий нежелательно применение переборок, набивных на месте работ, так как это связано с увеличением количества влаги, вносимой в помещение.

По возможности повторного использования наиболее выгодны плитные материалы (фибролит, гипсолитовые плиты, камышит). Наименее выгодными являются деревянные и литые перегородки.

Ввиду разнообразия предъявляемых к перегородкам требований и наличия чисто местных условий (например дефицитности того или иного материала), окончательный выбор того или иного перегородочного материала должен производиться в каждом отдельном случае на основе всех выше разобранных факторов.

До последнего времени в качестве перегородочных материалов почти исключительно применялись дерево (в жилищном строительстве), кирпич и бетон (в промстройтельстве). Развитие промышленности строительных материалов значительно расширило ассортимент перегородочных материалов, допустив использование всех вышеперечисленных термоизоляционных плит (исключая шевелин): легкобетонных камней, различных видов гипсолитовых плит, асбофанеры и т. д.

В промышленном строительстве наиболее употребительны перегородки:

¹ В. Д. Цветаев, проф., — Современная фабрично-заводская архитектура, — Госстройиздат, М.—Л. 1932, стр. 379.

кирпичные (целесообразно применять легковесный кирпич) и бетонные (моноплитные и из бетонных камней).

В жилищном строительстве наиболее употребительны, наряду с деревянными (к сокращению применения которых следует стремиться в целях уменьшения расходования ценного пиломатериала), перегородки гипсолитовые и фибролитовые (см. „Фибролитовые плиты“).

Относительно гипсолитовых плит необходимо отметить, что их объемный вес в ряде случаев превышает вышеуказанный предел. Помимо этого гипсолитовые плиты обладают неудовлетворительной гвоздимостью. Тем не менее ряд преимуществ, присущих гипсовым плитам по сравнению с ранее применявшимися деревянными перегородками (с точки зрения строителя), позволяет рассматривать их как материал, желательный для устройства перегородок.

Преимущества эти следующие:

- 1) не нужна штукатурка, заменяемая затиркой;
- 2) увеличение полезной площади помещения;
- 3) уменьшение нагрузки на перекрытия;
- 4) возможность переделки и переустройства гипсолитовых перегородок (при разборке переборок 70—80% плит можно использовать повторно).

5) закономерность свойств гипсового бетона, что весьма важно при возведении несущих перегородок.

Наряду с этим, гипсолитовые перегородки по своим основным качествам (устойчивости, прочности, невозгораемости, удобству и скорости монтажа, достаточной звукопоглощаемости) вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним строителем.

Вышеперечисленные факторы определяют пути дальнейшего развития промышленности гипсолитовых изделий в направлении ее максимального расширения. Основная установка должна быть взята на механизированное производство, организация которого в большинстве случаев не требует строительства специальных предприятий, а может иметь место на самих строительствах или строительных дворах. К описанию гипсолитовых плит мы сейчас и перейдем. Фибролит, камышит, бетонные камни и различные торфяные изделия описаны в соответствующих местах курса.

ГИПСОВЫЕ (ГИПСОЛИТОВЫЕ) ИЗДЕЛИЯ

Наиболее распространенными в строительстве гипсовыми изделиями являются доски и плиты. Они могут изготавливаться как с введением в гипсовую массу заполнителей, так и без таковых. Плиты (доски) могут изготавливаться неармированными и армированными (в редких случаях: например, при длине плит более 1,5—2 м).

В зависимости от вида заполнителей различают гипсо-шлаковые, гипсо-камышевые („Дифферент“), гипсо-торфяные и тому подобные плиты.

В Западной Европе и САСШ на базе полугидратного и гидравлического гипса изготавливаются не только доски и плиты, но и различные виды сплошных и пустотелых камней.

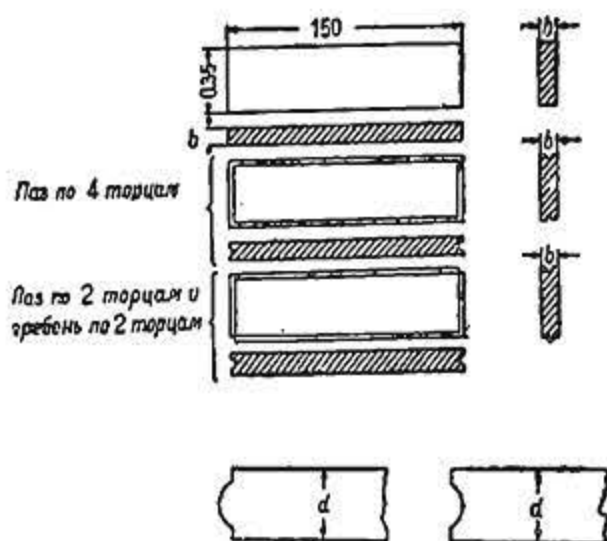
Виды гипсовых плит. Плиты „Дифферент“. Плитами „Дифферент“ называются гипсо-камышевые плиты размером 1,5×0,365 м и толщиной, в зависимости от места их установки и качества гипса в 9, 8, 7 и 6,5 см.

Гипсо-шлаковые плиты. Заполнителем является шлак или кокс. Количество заполнителя в плите примерно около 50% (по объему). Размеры плит указаны выше. Объемный вес плит составляет 1100—1300 кг/м³. Гипсо-шлаковые плиты после установки требуют перетирки или штукатурки. Сушка их происходит дольше, чем плит „Дифферент“.

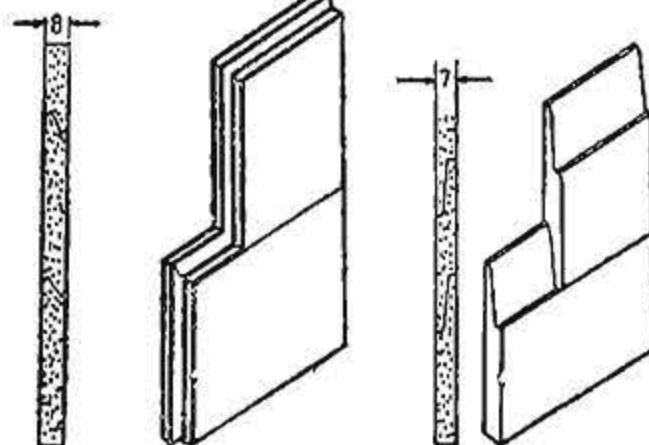
Гипсо-торфяные плиты. Заполнителем является торф-сфагнум.

Количество заполнителя в плите составляет около 50% (по объему). Размеры указаны выше. Объемный вес плит составляет около 950 кг/м³.

Конструкция плит и камней. Плиты могут изготавливаться или сплошными или пустотелыми. Целью устройства пустот является понижение веса



Фиг. 42. Конструкция гипсолитовых плит по ОСТу.



Фиг. 143. Четырехфальцевая гипсолитовая плита (налево) и плита с широким фальцем (направо).

плит, уменьшение звукопроводности и облегчение просушки. Пустотелые плиты применяются очень редко, в виду сложности производственного процесса.

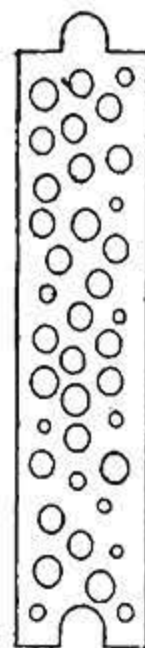
Ребра плит в редких случаях оставляются гладкими; в большинстве случаев они имеют пазы и гребни (валики). В плитах, устанавливаемых горизонтально, пазы и гребни делаются в продольном направлении; торцы имеют только желоба. При вертикальном расположении плит возможно изготовление желобов со всех сторон плит. В этом случае при установке плит желоба образуют канал, заливаемый раствором. Неудобством плит этой конструкции является неуверенность в достаточном проникновении раствора в горизонтальные желобки.

Размеры плит могут быть различны. Обычно принятая длина—1,5 м; ширина плит назначается от 0,30 до 0,375 м и толщина от 5 до 10 см („Дифферент“—7—9 см, гипсо-шлаковые—6—7 см, гипсо-торфяные—6—8 см и т. д.). При изготовлении „листового алебаstra“ толщина плит составляет 1 см.

На фиг. 142 показаны конструкции гипсолитовых плит по ОСТ и на фиг. 143 две конструкции плит, часто применяющихся в Германии. На фиг. 144 показана плита „Дифферент“ в разрезе.

В последнее время в САСШ появился новый гипсовый материал „Сэбенит“, представляющий собой гипсовый камень, пронизанный многочисленными каналами, применяющийся для акустических целей.

Свойства гипсовых изделий. Механические свойства. Механические свойства гипсолитовых изделий в основном определяются теми же факторами, что и прочность легкого бетона. Преимущественной зависимостью является, как это показано на фиг. 145, водогипсовый фактор¹. Сопоставление кривых прочности и выхода гипсовой отливки показывает, что между ними существует то же соотношение, что и в легком бетоне, а именно: оптимальный водогипсовый фактор соответствует минимуму выхода, т. е. максимальному объемному весу. Что касается зависимости прочности от вяжущего, то при одинаковом расходе вяжущего



Фиг. 144. Разрез плиты „Дифферент“.

¹ До работам инж. А. А. Пачерниковой (Цвинис).

НТБ
ДНУЖТ

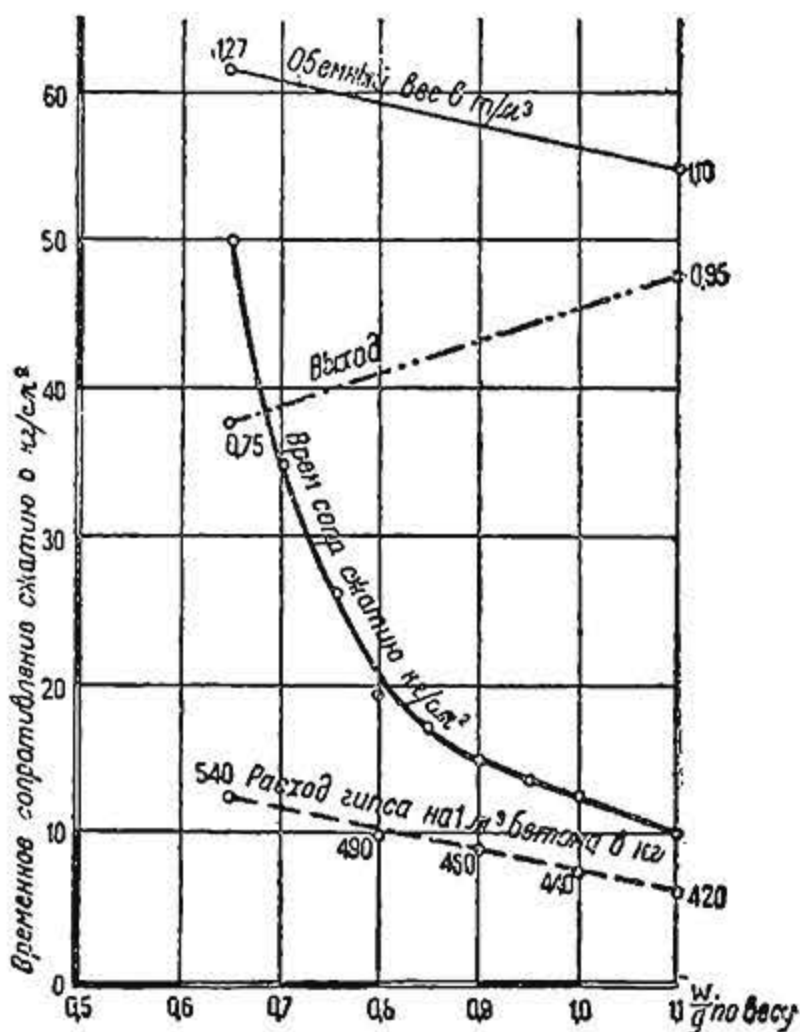
на 1 м³ отливки и при прочих равных условиях прочность отливки тем больше, чем выше активность гипса; изменение расхода гипса на 1 м³ отливки обуславливает изменение прочности отливки. Графически эта зависимость определяется прямой линией, что весьма облегчает назначение состава гипсового бетона (см. назначение состава легкого бетона, стр. 155). Угол наклона прямой по отношению к оси абсцисс различен, в зависимости от активности гипса и гранулометрического состава заполнителя, в частности от его модуля крупности (фиг. 146). Повышение расхода вяжущего сказывается тем эффективнее, чем больше модуль.

Прочность гипсовой отливки в значительной степени зависит также от вида применяемого заполнителя (фиг. 146). В таблице 70 приведены данные о пределах колебаний прочности отливки при употреблении различных минеральных и органических заполнителей.

Таблица 70.

| Вид заполнителей | Временное сопротивление сжатию в кг/см ² |
|---------------------|---|
| Кирпичная щебенка . | 30—55 |
| Котельный шлак . | 25—45 |
| Древесные опилки . | 15—35 |
| Торф-сфагнум . | 10—20 |

Между количеством вводимого заполнителя и прочностью бетона не существует прямой зависимости, но тем не менее то или иное количество



Фиг. 145. Зависимость прочности гипсового бетона от водогипсового фактора.

заполнителей обуславливает соответствующие колебания прочности изделий. Чем больше заполнителя, тем меньше прочность отливки. Это объясняется тем, что при изменении количества заполнителя изменяется количество воды, требующейся для достижения нужной консистенции, а следовательно, изменяется величина водогипсового фактора.

Наличие влаги в гипсолитовых изделиях даже в незначительном количестве чрезвычайно сильно отражается на их механической прочности, что может быть объяснено насыщением водой пор отливки и ослаблением силы трения между кристаллами гипса. Поэтому при нагрузке изделий частицы гипса скользят друг по другу. Наиболее резкое падение прочности имеет место, согласно работ инж. А. А. Пачерниковой, при 0,5% содержании влаги, со-

ставляя до 35—40% от первоначальной прочности.

Отношение временного сопротивления сжатию к временному сопротивлению на изгиб также различно при различных заполнителях и равняется, согласно исследований инж. А. А. Пачерниковой, при кирпичной

НТБ
ДНУЖТ

щебенке 3—3,2, при шлаке 2,5—3,0, при опилках 2,8 и при торфе-сфагнуме — 2,0.

Что касается нормативной прочности гипсолитовых плит, то согласно ОСТ временное сопротивление плит сжатию должно быть не менее 30 кг/см^2 и изгибу — не менее 15 кг/см^2 ¹.

Теплопроводность. Теплопроводность плит колеблется в зависимости от вида заполнителя и количества его от 0,25 до 0,40.

Вес. Объемный вес плит зависит от величины водогипсового фактора (обратная зависимость), от вида и количества вводимого заполнителя и от конструкции плит (сплошных или пустотелых).

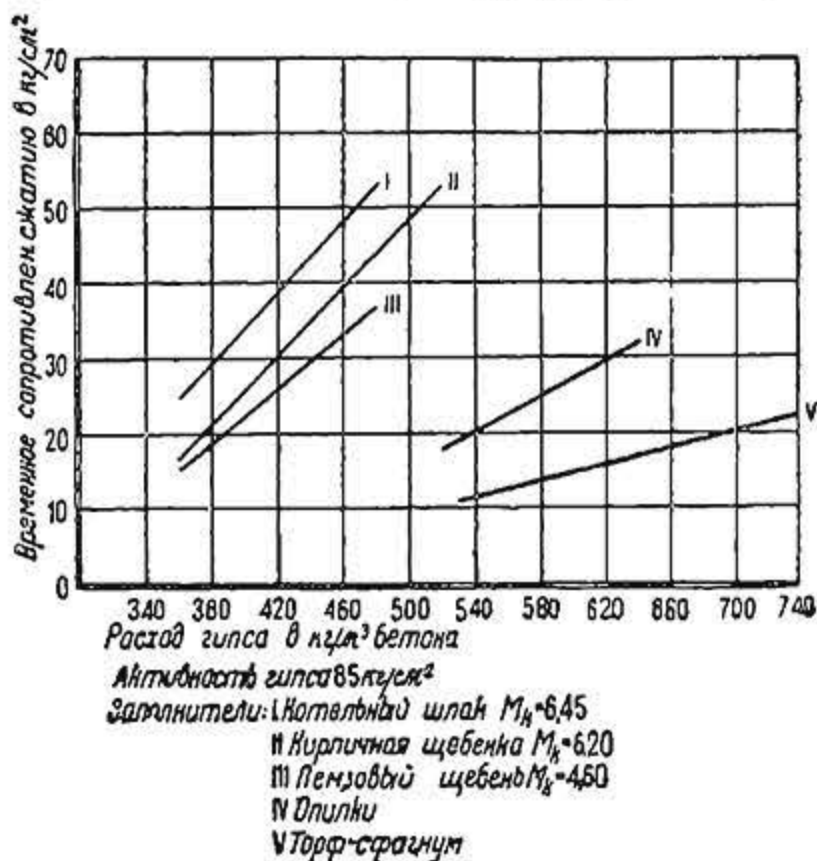
Объемный вес гипсового бетона составляет при водогипсовом факторе в 0,55—0,65 около 1400 кг/м^3 гипсошлакового бетона — $1100—1300 \text{ кг/м}^3$, гипсощебеночного бетона — $1300—1500 \text{ кг/м}^3$, гипсоопилочного — $800—1000 \text{ кг/м}^3$ и гипсоторфяного $700—950 \text{ кг/м}^3$. Вес 1 м^2 плиты „Дифферент“ при толщине их в 9 см равен примерно 90—100 кг.

Звукопоглощаемость гипсовых плит недостаточна. Лучшими в этом отношении плитами являются плиты „Дифферент“. Добавление шлака по указанию проф. Пробста (Probst) ² усиливает звукопроводность.

Что касается влияния толщины плит, то при равных условиях звукопроводность плит будет обратно пропорциональна их толщине.

Огнестойкость. До последнего времени считалось, что гипсолитовые плиты являются неогнестойкими, как разрушающиеся при переменном чередовании огня и воды. Между тем испытания, произведенные в Америке, свидетельствуют об обратном. Перегородка из 3-дюймовых пустотелых гипсовых камней в течение 2 час. находилась в сфере действия пламени при температуре 930° , после чего поливалась водой в течение 5 мин. Никаких разрушений и отслаиваний при этом не было замечено. После 2-часового действия указанной температуры, на поверхности другой стороны стены температура поднялась только на 30° выше комнатной ³.

Нужно указать, что эти данные несколько противоречат практике Мосстроя, поставившего в 1929 г. испытания плит „Дифферент“ на огнестойкость. Была построена камера из плит „Дифферент“, и в ней был зажжен костер. Температура в камере быстро поднялась до 540° . После этого огонь значительной силы поддерживался в течение 45 мин. После этого срока перегородка была полита водой из брандспойтов с двух сто-



Фиг. 146. Зависимость прочности гипсового бетона от расхода вяжущего вида заполнителя.

¹ Последними работами ниж. П. И. Леонтьева показана возможность изготовления глиногипсовых изделий. Объемная дозировка, при σ_D гипса = 85 кг/см^2 , составляет 1:2,5 σ_D глиногипса = $39—43 \text{ кг/см}^2$; модуль упругости = 2730000 кг/см^2 .

² г Probst, Handbuch für Zementwaren, verl. von Ernst und Sohn, Berlin 1928.

³ Проф П. П. Будников, Производство штукатурного гипса в Америке и его использование в строительстве, см. „Американская техника и промышленность“ № 4, 1931, стр. 221.

рон, причем оказалось, что верхний алебастровый слой плиты обнажился до камыша на площади 30%, часть обнаженного камыша обуглилась, смоченный алебастр имеет вид теста и наконец в теле самой плиты появились трещины. Очевидно это объясняется тем, что гипсовая плита разделена камышом на тонкие прослойки.

Гвоздимость. Гипсовые плиты без заполнителя или с заполнителем минерального происхождения обладают неудовлетворительной гвоздимостью. Гвоздь в плите не держится, хотя и способен выдержать некоторую нагрузку (4-дюймовый гвоздь до 30—40 кг); вбивая гвоздь в гипсо-шлаковую плиту, можно выбить кусочки шлака с противоположной стороны плиты. В соответствии с этим дефектом плит, при забивке в них гвоздей или кронштейнов, необходимо предварительно высверливать в плитах отверстие с диаметром, раза в 4 большим диаметра вколачиваемого предмета. В отверстие слегка забивается деревянная пробка, а в последнюю загоняется гвоздь или кронштейн.

Устойчивость против влаги. Гипсовые плиты любой конструкции и с любым заполнителем неустойчивы против влаги, так как они влагоемки и гигроскопичны. Прочность плит в сырых местах уменьшается на 40—50%. Если же имеется обильная и продолжительная конденсация паров и вообще воздействие капельной влаги, то плита вовсе разрушается.

Удобство обработки. Чисто гипсовые плиты или плиты с органическим заполнителем, в частности плиты „Дифферент“, возможно пилить, просверливать, обрабатывать стамеской, строгать рубанком и т. д. При введении минерального заполнителя обработка плит становится значительно труднее.

Заполнители. Целью введения заполнителя является удешевление изготавливаемого фабrikата и уменьшение расхода гипса. В качестве заполнителей в СССР употребляются: шлаки, коксовая мелочь, камыш, торф-сфагнум, опилки, костра, стружки и т. д. За границей помимо указанных заполнителей применяются: джут, асбест, кокосовое волокно, коровья шерсть и т. п. Применение слабых заполнителей органического происхождения (торф-сфагнум, опилки, костра) не так удобно, так как они значительно понижают механическую прочность гипсовых изделий (разбухание заполнителя и увеличение водогипсового фактора), но в ряде случаев неизбежно. При выборе органического заполнителя необходимо иметь в виду, что камыш в плитах, уложенных в сухие стены, по высыхании их и усадке, теряет связь с гипсом, в результате чего прочность отливки понижается. Тем не менее камыш имеет несомненные преимущества как перед торфом и опилками, ввиду его меньшей гигроскопичности, так и перед кирпичной щебенкой и песком, ввиду меньшего объемного веса.

При применении в качестве заполнителя котельного шлака, прочность гипсового бетона значительно возрастает, при сравнительно небольшом увеличении объемного веса.

При отсутствии или недостатке котельного шлака, он может быть заменен иным легким заполнителем (пемза, туф, гранулированный шлак и т. д.), причем в некоторых случаях возможно получение продукта более высокого качества.

В тех случаях, когда объемный вес плит может быть повышен до 1500 кг/м³ и более, в качестве удешевляющей добавки (заполнителя) могут быть введены песок, галька, мелкий щебень легких или среднего веса каменных пород, кирпичный щебень и т. п. с фракциями во всех случаях не менее 2 мм, и не более $\frac{1}{5}$ толщины слоя гипсовой отливки. В противном случае плита получается хрупкая и при установке легко раскалывается.

Камыш должен быть сухой; диаметр камыша (в нижнем отрубе) должен быть не больше 12 мм.

Дозировка. Количество вводимого в гипсовую массу заполнителя зависит от консистенции массы: чем масса гуще, тем меньше она примет

заполнителя, и наоборот. С экономической точки зрения конечно более желательно введение максимального количества заполнителей, но необходимо считаться с тем, что от уменьшения количества гипса за счет заполнителя, при одинаковом в образцах содержании воды, понижается прочность изделия.

Работы Е. В. Костырко показали, что для достижения временного сопротивления сжатию в размере не менее $30-40 \text{ кг/см}^2$ возможно введение в гипсовую массу легких заполнителей, не свыше $40-50\%$ (по объему)¹. Если же временное сопротивление сжатию может быть понижено, то количество легких заполнителей (сыпучих) соответственно увеличится и в некоторых случаях может быть доведено до $70-80\%$ (прочность снижается до $8-10 \text{ кг/см}^2$). Согласно ОСТ количество заполнителей не должно превышать 60% .

Дозировка смеси должна меняться в зависимости от конструктивных требований и соображений экономичности. Чем большая требуется прочность, тем меньше может быть введено заполнителя. И наоборот, в том случае, если строитель не заинтересован в высокой прочности плит, в смесь может быть введено большое количество заполнителя, в частности органического.

Во всех случаях целесообразно добавление $5-10\%$ негашеной извести, облегчающей равномерное высыхание плит и устраняющей поэтому возможность появления деформаций при установке сырых плит и последующей обработке.

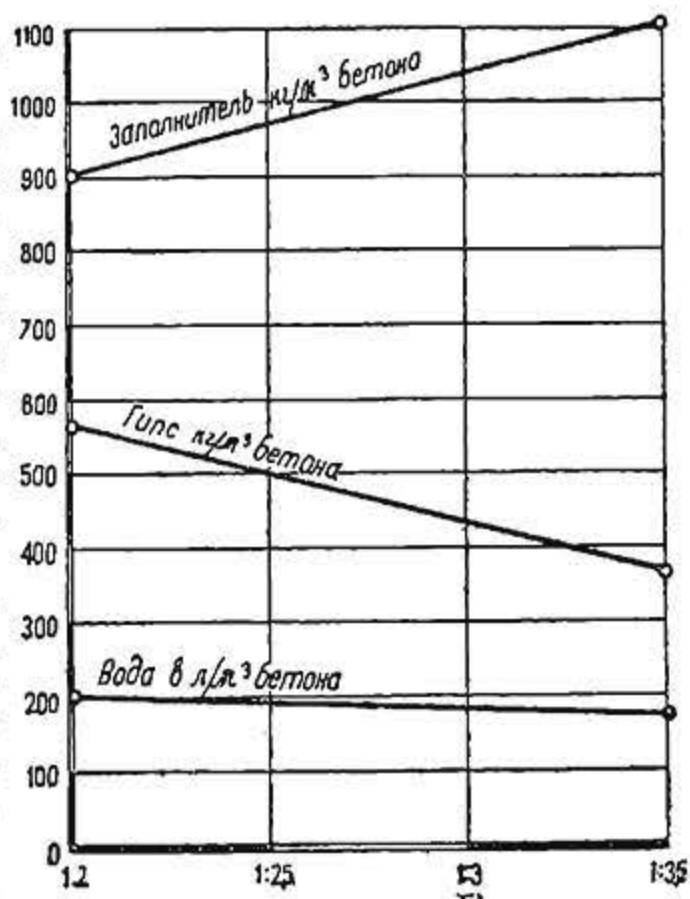
Общий характер взаимозависимости между расходом гипса и заполнителя на 1 м^3 отливки показан на графике фиг. 147. Необходимо еще раз заметить, что расход гипса данной активности для достижения заданной прочности различен, в зависимости от вида применяемого заполнителя и крупности его частиц (фиг. 146) и колеблется от 350 до 500 кг/м^3 отливки.

Выход бетона составляет около 85% по объему сухих материалов. Водная добавка на м^3 отливки ориентировочно составляет около 200 л , незначительно уменьшаясь по мере отощения бетона.

Необходимо заметить, что вне зависимости от количества добавляемой воды на единицу веса полугидрата, недопустима повторная или дополнительная прибавка воды после сделанного уже затворения, так как такая добавка значительно снижает механическую прочность (нарушение процессов схватывания и твердения).

Производство плит. Технологические процессы при изготовлении плит складываются из следующих операций: приготовления массы, отливки, сушки, транспорта и установки в перегородки.

Приготовление массы. Приготовление массы для литья происходит в следующей последовательности: в воду для затворения всыпается гипс и производится размешивание массы, а затем добавляется заполнитель. При вливании воды в гипс, с одной стороны, происходит значительное



Фиг. 147. Расход материалов на кубометр гипсовой отливки.

¹ Инж. Костырко, Гипс и его применение в строительстве, „Сообщение Института сооружений“ № 10.

НТБ
ДНУЖТ

замедление схватывания (при медленном размешивании массы), а с другой — возможно наличие несмоченных участков гипса, а следовательно и неоднородность массы.

Если в гипсовую массу добавляется известь, то прежде всего готовится известковое молоко.

Заполнитель вводится в заранее приготовленный и хорошо промешанный гипсовый раствор. Предварительное смешение гипса с заполнителем насухо и последующее добавление к смеси воды не приводят к хорошим результатам, так как при этом трудно достичь полного смачивания гипса водой и полного обволакивания заполнителя раствором.

Перемешивание воды с гипсом не должно продолжаться более одной минуты, так как в противном случае возможно весьма сильное замедление схватывания гипса и понижение прочности (нарушение процесса кристаллизации).

При механическом перемешивании бетона возможно применение различных систем мешалок, причем таковые должны обязательно удовлетворять следующему условию: количество внутренних частей в них, могущих загрязняться раствором, должно быть наименьшим, причем должна быть обеспечена возможность их тщательной очистки.

Отливка. Отливка может производиться в горизонтальных и вертикальных формах.

Формы для изготовления плит могут быть деревянные и металлические. При кустарном способе производства формы делаются деревянные разборные и состоят из брусков с гребнем для получения в плите желобков и из брусков с желобком для получения на плите гребней.

Для ускорения работ по отливке плит возможно применение общей формы. Форма располагается на рабочем столе (длина стола соответствует длине формы) и состоит из постоянных длинных профилированных (гребни и желобки) брусков и съемных поперечных, обычно с гребнем.

Формы независимо от материала могут быть горизонтальные (например общая деревянная форма) или вертикальные (плита на ребро) (фиг. 148). Горизонтальные формы более удобны в работе, но им присущи следующие недостатки: при изготовлении плит с камышом возможно расслоение отдельных слоев при укладке камыша (см. „Отливка“), трудно получить гладкую верхнюю поверхность и требуется применение более квалифицированной рабочей силы (своевременная заливка отдельных слоев до начала схватывания предыдущего слоя).

В горизонтальных формах при кустарном производстве плит „Дифферент“ отливка производится следующим образом: на четверть высоты формы наливают раствор и дают ему загустеть до консистенции сметаны, после чего наливают второй слой раствора, но уже более жидкой консистенции до $\frac{3}{4}$ высоты формы (разжижение раствора необходимо для облегчения утрамбовывания камыша). В этот слой укладывают камыш, уплотняют его руками и расправляют вдоль формы по всей ее площади. Поверх камыша, чтобы он не всплыл, кладут железные кладки, снимаемые после загустевания раствора до консистенции сметаны. После уборки кладок форма заливается раствором до верха формы. Следующей операцией является зачистка поверхности схватившегося (до густоты творога) раствора деревянной гладилкой. По окончании зачистки и прохождения процесса схватывания в форму заливают последний тонкий слой раствора и немедленно затирают гладилкой. Во избежание расслаивания плит целесообразно придавать шероховатость каждому предшествующему слою при помощи гребенки или проволочной щетки.

В горизонтальных формах при заводском производстве отливку целесообразно производить в металлических формах. Опишем процесс производства плит „Дифферент“, принятый в Мосстрое. Формы располагаются на деревянном поддоне и в них устанавливается по две

деревянных вилки. Первый слой гипсового раствора разливается по всей площади поддона на высоту в 1 см. Затем по прошествии 5—6 мин., когда гипсовый раствор не успел еще полностью схватиться, ему придают шероховатость (см. выше) и заливают вторым слоем раствора, высотой до половины формы. После этого двое рабочих помещают в раствор заранее приготовленный пучок камыша размером в обхвате в 50 см. Укладывание камыша должно быть весьма тщательное и равномерное, и камыш ни в коем случае не должен образовывать тюфяков, в которые гипсовый раствор не может пройти полностью. При образовании тюфяков плита должна браковаться, так как в этом случае она не обладает достаточной прочностью и может развалиться.

После укладки камыша на плиту опускается пресс, дожимающий камыш до его окончательного положения и не дающий ему возможности всплыть. Применение пресса допускает работу с раствором одной и той же консистенции.

Пресс приподнимается через 10—20 мин., после чего из формы вынимаются вилки и срезается выступающий камыш. Оставшееся пространство в форме заливается раствором в уровень с верхними краями формы, и верхняя поверхность плиты заглаживается дубовой линейкой. Для придания окончательного вида верхней поверхности плиту заливают гипсовым молоком и заглаживают стальной линейкой. Разборка формы может происходить через 7—10 мин. по окончании отливки; однако лучше выносить плиты в сушилку на поддоне.

При изготовлении гипсо-шлаковых, гипсо-торфяных и тому подобных плит процесс наполнения форм, как и следует ожидать, гораздо проще, и операция требует значительно меньшего времени.

Для предотвращения прилипания плит к деревянным поддонам последние либо покрываются эмульсией¹ или же отливка производится на мешковине, натягиваемой на поддоне по специально прибитым планочкам². Верхняя поверхность плит, отлитых на мешковине, подлежит обязательной затирке, для облегчения каковой верхней поверхности еще не схватившейся плиты придается шероховатость.

В вертикальных формах отливка производится так. Форма смазывается эмульсией, и в нее закладываются по обе стороны закладки из фанеры, препятствующие стеблям камыша выступать наружу. Затем между закладками укладывают камыш и заливают раствором, по возможности выше краев. По прошествии около двух минут, когда раствор загустеет до консистенции сметаны, закладки вынимаются, в результате чего происходит осадка раствора. Затем происходит дополнительное заполнение формы. Верхний торец плиты отделяется крышкой формы, на нижней поверхности которой делается калевка. При отливке пустотелых плит в формы предварительно вставляются сердечники. При изготовлении плит без камыша более целесообразно применение форм, показанных на фиг. 148.

Формы (как горизонтальные, так и вертикальные) должны ежедневно поверяться в отношении правильности внутренних размеров для последующего, в случае необходимости, исправления.

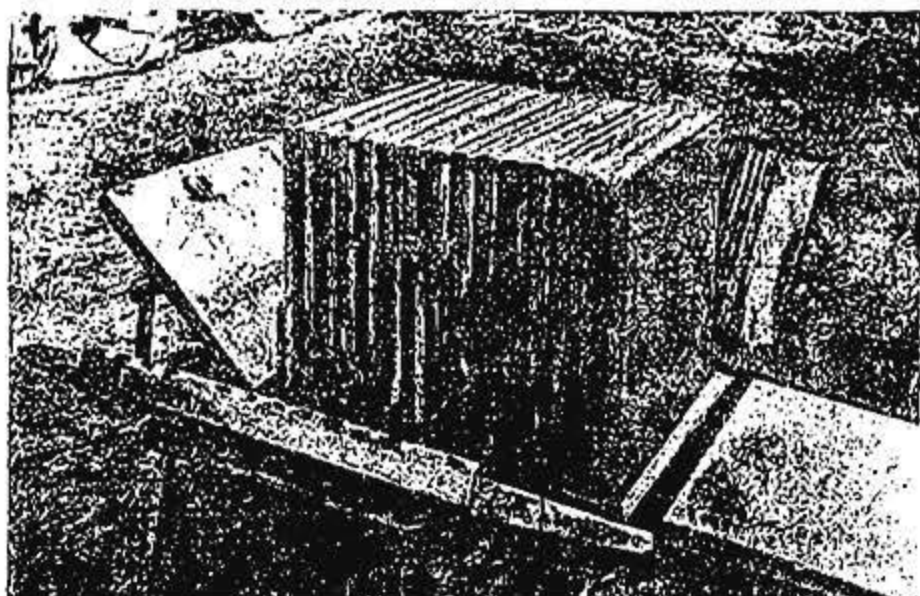
Сушка. Сушка гипсовых отливок обязательна, так как максимальная возможная прочность изделий достигается лишь после удаления избыточной (т. е. излишней для химической реакции) воды. Сушка может быть естественная (в летнее время) и искусственная (нагретый воздух). По-

¹ Эмульсия (по рецепту Мосстроля) представляет собой вареную массу, состоящую из воды, мыла и керосина, взятых в следующих пропорциях: 8 ведер воды, 8 кг мыла и 10 л керосина. При отсутствии мыла последнее заменяется смесью щелока (1 ведро) и керосина (2 л).

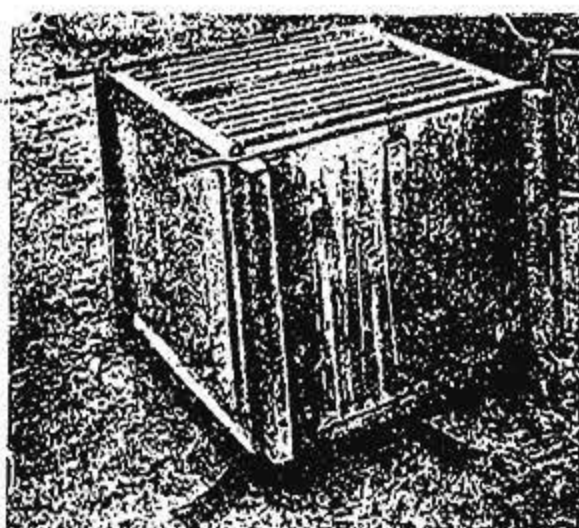
² Отливка на мешковине практикуется лишь в случае неудовлетворительного качества гипса и невозможности получить гладкие поверхности.

следняя может начинаться через 40—60 минут, после приготовления отливки.

При искусственной сушке гипсовых изделий установка должна быть пзита не на усиленное повышение температуры, так как при этом может

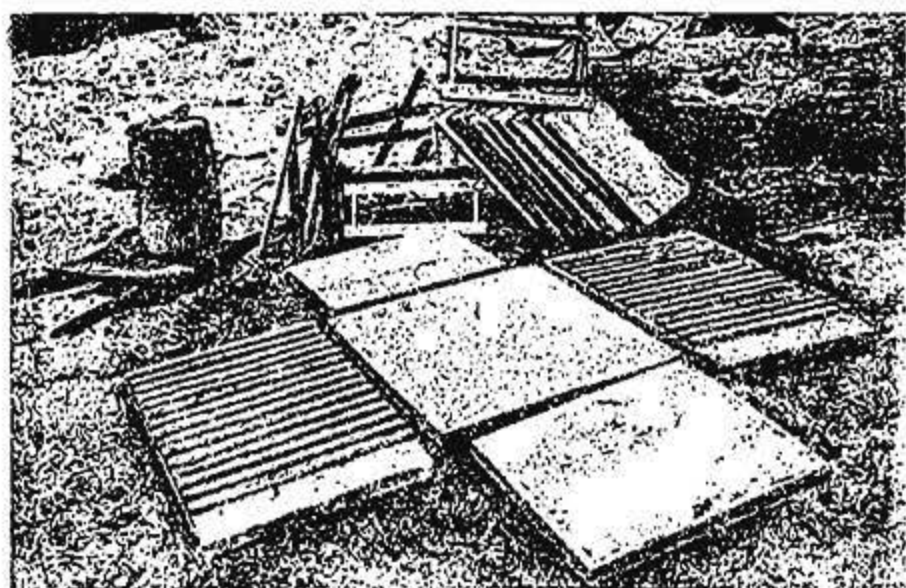


наступить частичное разложение двугидрата, а на хорошую вентиляцию, обеспечивающую достаточный обмен воздуха. Во избежание деформации изделий (коробления) необходимо следить за равномерностью температуры во всех частях сушильной камеры. В соответствии с этим плиты должны ставиться на ребро (пустотелые — отверстиями пустот вверх). По-



мимо этого следует предупреждать возможность вторичного намокания уже высушенных изделий вследствие действия паров испаряемой при сушке воды, что приводит к значительному снижению прочности.

Длительность искусственной сушки при температуре входящего воздуха в 55—60° Ц и выходящего в 35—40° составляет 36—48 час.; при этом плиты не должны высушиваться до конца, так как в противном случае при установке их на раствор они будут высасывать



влагу из раствора, нарушая процесс твердения последнего. Признаком полной высушки (нежелательной) является металлический звук при ударе.

Естественная сушка (обязательно под навесом) длится от 20 до 40 дней в зависимости от погоды; сырая погода задерживает сушку. Сушка пустотелых плит, как естественная, так и искусственная, происходит примерно в 2 раза быстрее.

Высушенные тем или иным путем пли-

Фиг. 148. Форма для отливки гипсовых плит. На нижнем рисунке показана разобранная форма, на среднем—момент окончания заливки раствора и на верхнем—разъем формы по окончании отливки.

ты складываются в штабели под навесом (фиг. 149).

Последующая обработка плит. Поверхность гипсовых плит

может быть обработана различными способами в зависимости от назначения сооружения и способа изготовления плит. В том случае, когда плиты изготавливаются с достаточно гладкими поверхностями, обработка заключается в удалении кромок неточно установленных отдельных плит, капель раствора и т. п. и в затирке случайных впадин густым раствором.

Если поверхность плит недостаточно гладкая, необходимо производить их сплошную затирку слоем обыкновенного штукатурного раствора толщиной в 5 мм или слоем гипсового раствора толщиной в 2—3 мм. Штукатурка плит является исключением и требуется лишь при неудовлетворительной и небрежной работе отливщиков.

Экономика. Стоимость различных гипсовых плит определяется преимущественно стоимостью исходного сырья (гипса, камыша, шлака и т. д.). Стоимость материалов без начислений составляет 45—50% общей стоимости плит, и стоимость рабсилы без начислений — 25—30%.



Фиг. 149. Складское хранение плит „Дифферент“.

По данным 1930 г.¹, относящимся к Москве, стоимость 1 м² плит „Дифферент“ толщиной в 9 см, включая установку, равняется 5 р. 33 к., гипсо-сфагнумовых толщиной 7,5 см — 4 р. 71 к., гипсо-шлаковых — 4 р. 81 к., гипсо-опилочных — 4 р. 54 к. и пустотелых плит — 4 р. 73 к. Между тем стоимость 1 м² деревянной (досчатой из 5 см досок) перегородки, оштукатуренной с двух сторон, составляла 6 р. 23 к.; стоимость 1 м² фибролитовой перегородки равнялась примерно 5 р. 80 к.

Применение. Гипсовые плиты и доски могут применяться для устройства перегородок, вентиляционных коробов, для подшивки потолков, в качестве облицовки и т. д.

Помимо этого возможно применение гипсовых плит в качестве материала для наружных стен в тех районах, где климатические условия, по количеству выпадающих атмосферных осадков, не являются угрожающими для гипсовых изделий (например Средняя Азия, часть Средне- и Нижневолжского краев и т. д.).

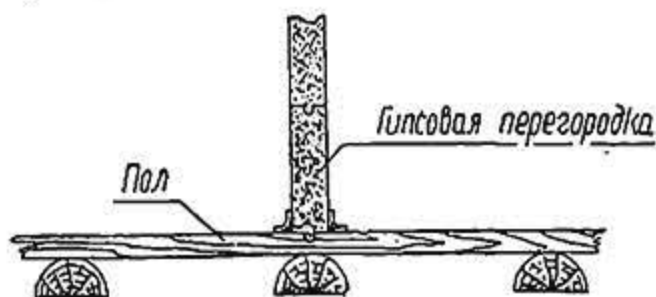
Перегородки. При применении плит для устройства перегородок следует придерживаться следующих основных правил.

1. Плиты могут устанавливаться как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. При горизонтальной установке необходимо соблюдение должной перевязи.

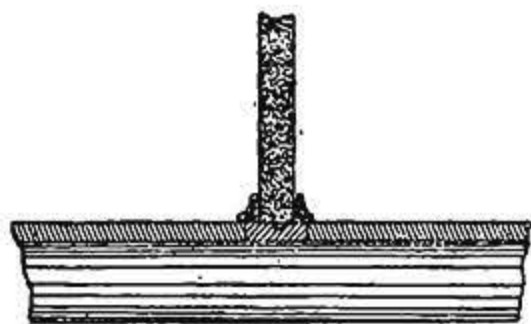
¹ Инж. В. И. Кардо-Сысоев, — Алебастровые перегородки, „Строитель“ № 9, 1930.

2. При установке перегородок в новых домах следует считаться с возможной осадкой зданий. Поэтому в деревянных домах, осадка которых продолжается в течение долгого времени, перегородки необходимо устанавливать таким образом, чтобы они не упирались сверху в балки перекрытия и не воспринимали бы таким образом нагрузку оседающего перекрытия.

3. Плиты следует укладывать от одного конца, приставляя целые плиты одна к другой. В конце ряда перегородка сопрягается со второй стеной или перегородкой при помощи отрезанной части плиты соответствующей длины.



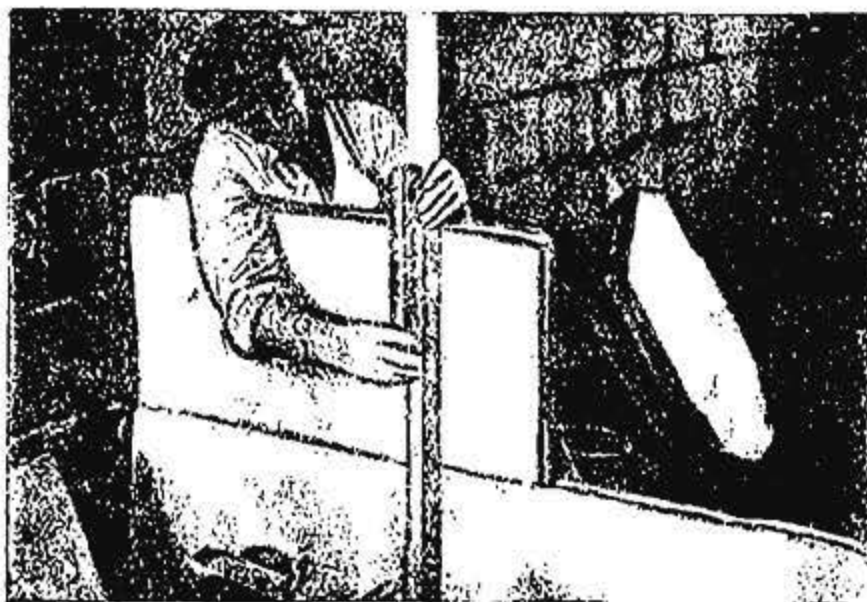
Фиг. 150. Деталь установки гипсовой перегородки досчатый пол (параллельно направлению балок).



Фиг. 151. Деталь установки гипсовой перегородки на досчатый пол (перпендикулярно к направлению балок).

Верхний ряд перегородки подводится под подшивку или накат потолка, и оставшееся расстояние между плитой и потолком забрасывается густым гипсовым раствором. При железобетонных перекрытиях необходимо на последних делать мелкую частую насечку.

4. Перегородки могут устанавливаться параллельно балкам (фиг. 150) и перпендикулярно к ним (фиг. 151) (наиболее желательно). В обоих случаях



Фиг. 152. Установка гипсолитовых плит.

плиты должны устанавливаться на специальное досчатое основание (одна или две доски); при отсутствии досчатого основания более вероятно появление трещин при осадке.

5. Установку перегородок желательно производить до настилки чистых полов, одновременно с засыпкой междуэтажных перекрытий.

6. Наиболее простым способом установки плит является двусторонняя обшивка ими деревянно-

го каркаса, но это, с одной стороны, понижает огнестойкость перегородки, а с другой — обуславливает нежелательный расход лесного материала.

7. При отсутствии каркаса плиты скрепляются друг с другом гипсовым раствором (во избежание преждевременного схватывания раствора целесообразно затворение гипса на клеевой воде). Этот способ является наиболее распространенным (фиг. 152).

Если плиты располагаются вертикально, и скрепление их производится путем заливки раствора в желобки, то в середине высоты плиты делается отверстие, через которое в канал, образуемый желобками, и заливается раствор. Внизу плиты гвоздем пробивается небольшое отверстие для выхода воздуха при заливке раствора. Верхняя половина канала заливается вторым приемом.

При заливке раствора в желобки необходимо предварительно промазывать швы, так как в противном случае раствор будет вытекать.

8. Сопряжение плит перегородок с каменными стенами производится посредством гвоздей, вбитых в швы каменной кладки в количестве 2 шт. на высоте одной плиты. Плиты приставляются к стене желобом, и гипс, налитый в желоб, скрепляет плиты с гвоздями и стеной. При сопряжении плит друг с другом целесообразно выбирать в плитах желобки и заливать каналы раствором.

9. Для образования дверных проемов устанавливаются или свободно стоящие колоды из брусьев или же оба стояка колоды доходят до потолка; последний способ дает большую устойчивость. Первый способ применяется в жилых помещениях, второй — в кухнях, конторах, служебных помещениях и т. п., т. е. во всех помещениях с усиленной ходьбой.

Прикрепление может производиться или посредством железных скобок из обручного железа (по при этом следует учитывать возможность ржавления железа) или же путем изготовления специальных дверных коробок с вынутыми пазами, в которые будет входить торец плиты.

10. Не следует выдалбливать в перегородках каких-либо отверстий, а нужно просверливать или выпиливать таковые строго по требуемому размеру.

Транспорт плит. Плиты при перевозке кладутся или плашмя или на ребро под косым углом, близко одна к другой (не должно быть промежутков). Плиты, недостаточно высохшие, можно устанавливать только на ребро. Особенно осторожно следует относиться к перевозке пустотелых плит, дающих большой процент боя. В случае сырой погоды плиты должны быть во избежание размывания покрыты брезентом. При доставке плит на постройку они укладываются под навесом в штабели или стоймя. Под плиты должен быть подсыпан песок или подложены доски (фиг. 149).

Листовой алебастр

Определение. Листовым алебастром называются гипсо-шлаковые плиты толщиной в 1 см, длиной от 1 до 3 м и шириной от 0,4 до 0,8 м, армированные бумагой или картоном. Этот вид перегородочного материала проработан в лаборатории ВИС под руководством проф. Е. В. Костырко.

Заполнителями при изготовлении листового алебаstra являются: шлаковый песок (котельных или гранулированных шлаков) и бумага или картон.

Шлаковый песок должен быть чистый, просеянный, крупностью зерен от 0,5 до 2 мм. Шлаковый песок добавляется в целях придания плите некоторой эластичности и гвоздимости. Незначительное количество шлакового песка (5—10% по объему отливки) не отражается на прочности плит.

Бумага должна быть толстой и плотной, желательно, чтобы одна сторона была гладкая, другая — шероховатая (например шпульная бумага). Картон также должен быть плотный, и одна его сторона — шероховатая. Шероховатость бумаги обеспечивает лучшее сцепление с раствором.

Производство. Производство листового алебаstra складывается из следующих операций: увлажнения бумаги, приготовления раствора, заливки формы и сушки.

Овлажнение бумаги (картона) производится пропусканием ее через воду в течение 1—2 мин. или смачиванием листа на верстаке (рабочем столе).

Овлажненная бумага расстилается в форму и заливается раствором. Слой раствора разравнивается и покрывается другим листом бумаги.

После схватывания (15—18 мин.), плиты на подъяках переносятся в сушилку, где и устанавливаются в горизонтальном направлении на ребро. Вследствие незначительной толщины плит сушка проходит более интенсивно, чем обыкновенных гипсовых плит, а именно: воздушная сушка заканчивается в 2—4 дня, а искусственная — примерно в течение суток. Для устойчивости плит и во избежание их коробления между ними помещаются деревянные прокладки одинаковой толщины (3—5 см).

Расход материалов на 1 м² плиты толщиной в 1 см таков: гипса — 13 кг, шлакового моска — 0,8 — 1,0 кг, бумаги — 0,15 кг и воды — 5,5—6 л. Расход рабсилы выражается примерно в 0,1 человеко-дня на 1 м плиты.

Экономика. Стоимость 1 м² листового алебаstra составляет 1 р. 24 к.; стоимость обшивки 1 м² стен, потолков и т. д., включая стоимость плит, — 1 р. 55 к.¹. В последнем случае устраняется оштукатурка поверхностей, так как листовой алебастр по существу является сухой штукатуркой.

Применение. Листовой алебастр может применяться для переборок, для внутренней обшивки наружных стен каркасных построек, для подшивки потолков вместо досчатой штукатуренной подшивки.

При устройстве переборок обязательно устройство легкого каркаса, обшиваемого листовым алебастром с двух сторон; образующаяся пустота должна быть засыпана шлаковой мелочью, торфом-сфагнумом и т. д.

Плиты устанавливаются в горизонтальном или вертикальном (преимущественно) положении и прибиваются к каркасу широкошляпными гвоздями (толевыми или им подобными), располагаемыми на расстоянии 20—30 см друг от друга.

Перспективы развития производства. Как видно из вышперечисленных возможностей применения листового алебаstra, он является весьма ценным материалом для сборного стандартного строительства. Интенсивное развитие последнего должно вызвать организацию производства листового алебаstra в весьма широком масштабе. Потребление бумаги, относительно незначительное, не может послужить для этого препятствием.

¹ См. К. Некрасов Тонкие алебастровые плиты — листовой алебастр, журн. „Строитель“ № 13 за 1931 г., стр. 27.

НТБ
ДНУЖТ

ГЛАВА VI

КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

До последних лет наиболее употребительным кровельным материалом в СССР являлось кровельное железо. Сильно возросший спрос на железо в ряде отраслей народного хозяйства, как например сельхозмашиностроении и т. п., вызвал сокращение выработки листового железа для кровли. Отсутствие достаточного производства иных кровельных материалов не дало возможности компенсировать количественное уменьшение кровельного железа. Это обстоятельство, равно как и некоторые существенные недостатки кровельного железа: недостаточная огнестойкость, необходимость периодического ремонта и т. д., обусловили значительное качественное и количественное расширение номенклатуры кровельных материалов как за счет развертывания производства уже имевшихся материалов (этернит, толь, руберойд), так и за счет организации производства и добычи ранее не применявшихся материалов (кровельные сланцы, тероксил, инсорит, материалы для плоской кровли и т. д.).

Любой кровельный материал должен удовлетворять двум основным требованиям: 1) достаточно защищать крышу от атмосферных осадков и 2) быть достаточно огнестойким или во всяком случае несгораемым. Помимо этого стоимость материала и условия его применения должны быть таковы, чтобы затраты на кровлю по сравнению с ее долговечностью были бы приемлемы для народного хозяйства как с точки зрения первоначальных капиталовложений, так и последующих эксплуатационных расходов.

Все кровли можно классифицировать в зависимости от примененного материала по следующим признакам¹.

1. По виду примененного материала. Кровли могут быть железные (исключительно в строительстве I класса), из кровельного сланца, этернита, волнистого асбошифера, толевые, руберойдные, гольцементные (плоская кровля), черепичные, тероксильные, инсоритовые и т. д.

2. По степени сопротивления действию огня. Кровли бывают огнестойкими, несгораемыми, защищенными от возгорания и сгораемыми. К огнестойким кровлям относятся: черепичная и шиферная, если они уложены по огнестойкому основанию, гольцементная, толевая и руберойдная, если они уложены по огнестойкому основанию и покрыты слоем песка или гравия толщиной не менее 5 см. К несгораемым кровлям относятся: железная, черепичная и этернитовая, а также руберойдная и толевая, если последние положены по огнестойкому или несгораемому основанию и покрыты слоем песка или гравия толщиной не менее

¹ См. также проф. В. Д. Цветаев, Современная фабрично-заводская архитектура Госстройиздат, М.-Л. 1932.

3 см. К защищенным от возгорания кровлям относятся: железная, толевая и руберойдная, причем две последние — только в том случае, если они покрыты сверху слоем песка в 2 см.

3. По долговечности. Кровли могут быть разделены на три типа: 1) на кровли, срок службы которых свыше 20 лет, 2) на кровли, могущие просуществовать от 10 до 20 лет, и 3) на кровли недолговечные со сроком ниже 10 лет (толевое покрытие). Подавляющее большинство кровель относится к первому типу, а именно: железные, из кровельного сланца, этернита, волнистого асбошифера, руберойдные, гольцементные и черепичные.

По виду применяемого технологического процесса кровельные материалы могут быть разделены на обжиговые, безобжиговые и битуминозные. Помимо этого есть еще материалы минерального происхождения, не подвергающиеся перед применением в дело какой-либо сложной обработке.

К первой группе материалов относятся: гончарная и трепельная черепица и необходимо отнести также и железо. К безобжиговым материалам относятся: этернит, волнистый шифер, цементно-песчаная черепица. К группе битуминозных материалов, получающихся путем пропитки полуфабриката смолами или битумами, относятся: толь, руберойд, тероксил и материалы для плоской кровли (пергамин, толь-кожа). И наконец к последней группе материалов относятся кровельные сланцы.

ПЛИТКИ СЛАНЦЕВЫЕ КРОВЕЛЬНЫЕ

(естественный кровельный шифер)

Определение. Плитки сланцевые кровельные являются продуктом механической обработки (расколки) кровельного сланца, представляющего метаморфическую горную породу, происшедшую преимущественно из глинистых осадочных пород и отличающуюся совершенной и ровной сланцеватостью, независимой от первоначальной слоистости.

Основными, входящими в состав кровельных сланцев, минералами являются бесцветные слюдяные чешуйки, главным образом серицит, кварц в виде небольших зерен или чечевиц и глинистое вещество.

В зависимости от качества плитки делятся на 5 сортов, определяемых так называемыми качественными числами (от первого — для высшего сорта, до 6 — для худшего сорта) и качественными коэффициентами (в соответствии с ОСТ 2930 и ОСТ 2931). Основные качественные числа устанавливаются по микроструктуре; механические же испытания дают ряд поправочных дополнительных чисел и коэффициентов, изменяющих качественное число в положительную и отрицательную стороны. В результате поправок получается полное качественное число, являющееся основанием для отнесения кровельного сланца к тому или иному сорту. Качественные коэффициенты являются более конкретным понятием и представляют собой отношение качественного числа высшего сорта к качественному числу данного кровельного сланца, выраженное в процентах (100, деленное на качественное число). Нахождение качественных чисел и коэффициентов, а следовательно и разбивка шифера по сортам могут быть произведены лишь в лабораторной обстановке и поэтому ниже не будут описаны.

Добыча сланца и производство плиток. Добыча сланца может производиться при помощи или открытых или подземных разработок. Выбор того или иного метода работ зависит от соотношения между размером вскрыши и мощностью залежи сланца, т. е. от количества наносов и пород, прикрывающих месторождение и подлежащих удалению.

Вскрыша месторождения производится или вручную или при большом объеме земляных работ при помощи экскаваторов. При большой высоте наносов работы производятся уступами.

Разработка сланца может производиться также вручную или при помощи канатнопильных станков. В первом случае ломка сланца производится при помощи стальных клиньев и взрывов небольшой силы. Ломка происходит относительно быстро как вследствие незначительной

твердости шифера (около 3), так и вследствие хорошей раскальваемости. Отход породы (потеря сланца в виде отбросов) достигает при этом 96%¹. В случае применения канатопильных станков отбросы сланца значительно уменьшаются. Этот метод разработки карьера применяется в Закавказьи, в районе Сабуз-Инцобе. При подземных разработках обычно применяется первый метод работ.

Добытые из карьера глыбы сланца поступают в дальнейшую обработку, заключающуюся в расколке глыб на плиты большого размера и кровельные плитки, обрезке плит ножницами и сортировке.

Расколка глыб на плиты большого размера производится вручную или машинным способом; расколка же на кровельные плитки — исключительно вручную.

Глыбы сланца сначала делятся на меньшие куски. Для этого у края глыбы поперек наслоения делается надрез ручной пилой, глыба ставится на ребро и в надрез вставляются толстый стальной клин. От нескольких ударов по клину глыба легко раскалывается на две части с довольно ровными краями. Затем к краю глыбы прикладывается тонкий стальной шпальтовочный клин (с шириной лезвия в 4—5 см) и по нему бьют деревянным молотком. В результате в глыбе образуется продольная трещина, куда вставляются стальные или деревянные клинья. Последующими легкими ударами по ним деревянным молотком и расшатыванием клиньев достигается раскалывание плиты на тонкие ровные плитки. На расколотых плитках отмечается желательный контур, и плитка поступает на ножницы для соответствующей обрезки.

Месторождения шифера имеются в Кривом Роге (УССР), Ларсе (Сев. Кавказ), Черноморском побережье, Кахетии и ряде прочих пунктов ЗСФСР, Сатке, Мауке и Белоречье (Урал), Шунгатарске (Башкирия), Новосибирске (Зап. Сибирь), на Оби, недалеко от Томска (Зап. Сибирь), в Северо-западной обл., в Северном крае, на Средней Волге, в ряде районов Кавказа, в Казакстане и т. д.

В 1932 г. разрабатываются месторождения в Кривом Роге, Ларсе, Кахетии, на Черноморском побережье, на Урале, на Средней Волге и т. д.

Размеры. Согласно ОСТ 2929 прямоугольные плитки изготавливаются размерами от 150 × 250 до 600 × 350 мм при толщине плиток в 5 и 8 мм. Желательно, в случае возможности, изготовление плиток размером свыше 600 мм.

Кроме прямоугольных изготавливаются и косые плитки, размеры которых могут быть различны и определяются их покровной способностью (площадь кровли, которая может быть покрыта 1000 плиток, может колебаться в пределах 16—35 м²).

Форма. Кровельные плитки изготавливаются прямоугольными и косыми (в форме параллелограмма). Прямоугольные плитки могут изготавливаться и с двумя срезанными углами, причем высота среза не должна превышать 50 мм.

Свойства. Внешний вид. Поверхность шифера должна быть ровной, гладкой и плотной. Если шифер гвоздят, то обыкновенно в плитке делается два отверстия для гвоздей. Цвет кровельных сланцев большей частью серый, синевато-серый до черного, красноватый, темно-фиолетовый и зеленый. Различие в оттенках объясняется наличием в сланцах второстепенных минеральных примесей: графита, окиси железа и т. д.

Микроструктура. Микроструктура сланцев, изучаемая при помощи поляризационного микроскопа на микрошлифах, обусловлена, главным образом, различным расположением слюдяных прослоек и слюдяных листочков и степенью их связи между собой. Как уже указывалось выше, микроструктура является базой для установления основных качественных чисел. В сланцах хорошего качества слюда расположена непрерывными слоями, препятствующими прониканию воды внутрь плитки и повышающими поэтому устойчивость сланца против атмосферных влияний. В сланцах плохого качества слюда расположена прерывистыми слоями, причем отдельные слюдяные листочки могут быть разъединены друг от друга. При такой структуре происходит усиленное проникание воды внутрь плитки и ускорение выветривания сланца. В сланцах первого сорта имеет место полная взаимная связь слюдяных пластинок и чешуй-

¹ В настоящее время ВИСМ прорабатывается вопрос о получении из отходов кровельного шифера материала висмита, подобного керамзиту.

НТБ
ДНУЖТ

чатых образований при волокнистом соединении прослоек, чечевицеобразно облегающих остальные составные части сланца.

Химический состав. По своему химическому составу сланцы представляют собой породу с большим содержанием кремнезема (до 80%), включенного в состав слюды и кварца, глинозема (до 25%), окиси железа (до 9%), углекислого кальция и т. д. Вредной химической примесью является серный колчедан, понижающий стойкость сланцев против выветривания. Вредное влияние серного колчедана тем больше, чем выше содержание в сланце углекислого кальция. ОСТ 2929 предусматривает в связи с этим максимальное содержание серного колчедана в 3% при содержании CaCO_3 свыше 15% и 4% при содержании CaCO_3 меньше 15%.

Присутствие серного колчедана может быть установлено на-глаз, с одной стороны, по характерным для колчедана включениям, а с другой — по золотистому отблеску сланца.

Звук при ударе. Плитка естественного шифера хорошего качества при ударе молотком должна издавать металлический звук. Глухой звук в большинстве случаев свидетельствует о большом содержании аморфных глинистых частиц, т. е. о пониженном качестве шифера.

Объемный и удельный вес. Объемный вес шифера колеблется в пределах — 2450—2750 кг/м³. Удельный вес равен 2,5—3,0.

Механические свойства. Согласно ОСТ 2929 пластинки шириной в 10 см и толщиной в 5 мм, установленные на две призмы с расстоянием между призмами в 30 см должны выдерживать сосредоточенную в середине пролета и равномерно распределенную по ширине нагрузку не менее 10 кг. Пластинки толщиной в 8 мм должны выдерживать нагрузку не менее 15 кг. Фактически временное сопротивление изгибу превышает приведенные нормы и достигает 600 кг/см². Временное сопротивление на сжатие перпендикулярно кливажу (сланцеватости), доходит до 1200 кг/см².

Пористость. Истинная пористость сланцев колеблется в относительно широких пределах, от 1,2 до 7,7%. Величина пористости не характеризует собой качества сланца, так как повышенная пористость может совмещаться с повышенной твердостью, значительной морозоустойчивостью и высшим типом микроструктуры. Но в то же время нужно отметить, что пористость естественного шифера значительно меньше пористости иных кровельных материалов минерального происхождения, что обуславливает относительно большую устойчивость кровли против выветривания.

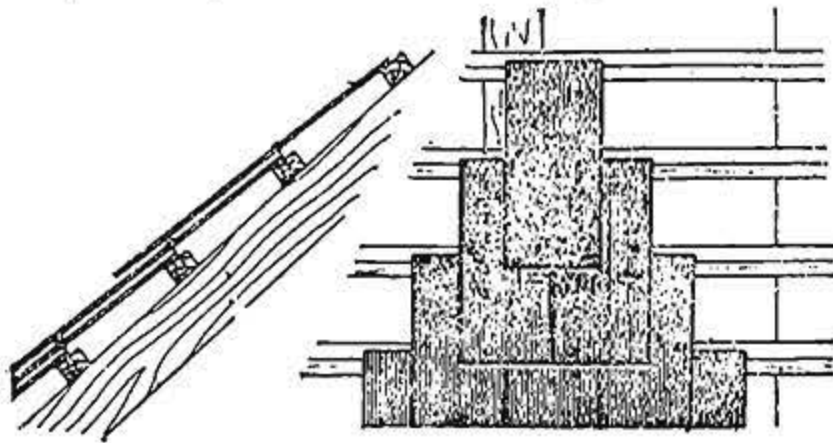
Водонепроницаемость. Естественный шифер водонепроницаем, что, с одной стороны, объясняется его плотностью, являющейся результатом давления масс вышележащих горных пород, а с другой — однородностью его структуры.

Водонасыщение. Водонасыщение сланца зависит главным образом от размера истинной пористости, строения пор, их взаимной связи и условий насыщения водой. Водонасыщение — при медленном погружении в воду колеблется от 0,43 до 1,29%, то же при давлении в 150 атм — от 0,61 до 1,77. Отношение водонасыщения при медленном погружении к водонасыщению под давлением, умноженное на поправочный множитель (от 0,88 до 1,0 в зависимости от степени водонасыщения при медленном погружении), называется коэффициентом водонасыщаемости. Последний служит критерием для определения степени морозоустойчивости и согласно ОСТ 2929, не должен превышать 0,8. Превышение этой величины свидетельствует о том, что поры в сланце соединены между собой трещинками и капиллярами большого размера, и сланец является поэтому недостаточно морозостойким.

Размягчаемость. Кровельный сланец неудовлетворительного качества при длительном нахождении в воде размягчается. ОСТ 2930 предусматривает определение коэффициента размягчаемости в лабораторных условиях путем нахождения отношения твердости сланца, находившегося

в течение 2 недель в воде, к твердости сланца того же сорта, просушенного при 70° Ц в продолжение 24 час.

Устойчивость против атмосферных влияний. Шифер должен быть абсолютно морозостойким. Морозостойкость шифера может быть проверена путем определения коэффициента водонасыщаемости или же двадцатипятикратным замораживанием при температуре 15°, каждый раз в течение 4 час. (ОСТ 2930). Одновременно с этим шифер должен быть устойчивым против резких температурных колебаний и повышенной температуры. Это свойство проверяется нагреванием сланца, во время которого пластинки не должны обнаруживать признаков расслаивания и растрескивания. В Германии имеет место следующее полевое испытание шифера на устойчивость против атмосферных влияний: в стеклянный сосуд наливают слабой серной кислоты и подвешивают на пробке кусочек испытуемого шифера. Шифер плохого качества начинает рассыпаться через несколько часов. Хороший шифер противостоит влиянию кислоты неделями и даже месяцами.



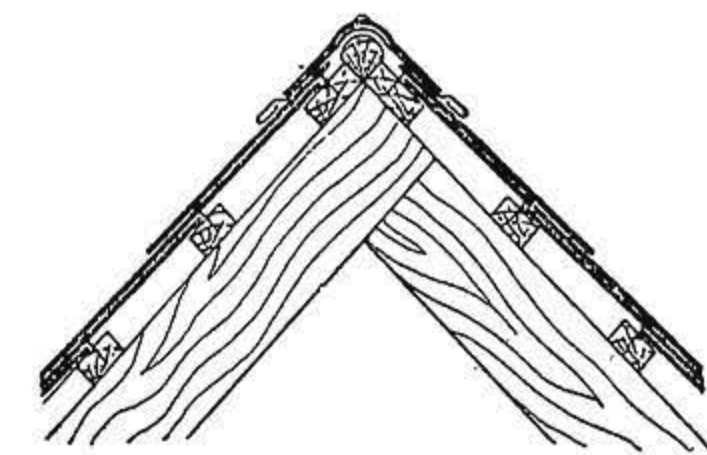
Фиг. 153. Покрытие кровли естественным шифером (английский способ).

Долговечность. Кровли из сланцевых плиток являются весьма долговечными (известны покрытия возрастом в 300—400 лет с незначительными признаками выветривания). Это обстоятельство не является само по себе существенным показателем эффективности сланцевой кровли, так как строительство зданий в настоящее время рассчитывается на значительно меньшие сроки амортизации, могущие быть обслуженными иными кровельными материалами. В данном случае это свойство сланца интересно

постольку, поскольку сланцевую кровлю возможно разбирать и использовать сланец для покрытия вновь строящихся зданий без ухудшения качества плиток (практикуется в Зап. Европе).

Удобство обработки. Плитки должны поддаваться обрезке, пробиванию, сверлению, шлифовке и т. д. Пробиваемость плиток обязательна, так как плитки возможно скреплять с опалубкой не гвоздями, а крючками.

Применение. Кровельные сланцы преимущественно применяются, как это видно из названия, для покрытия кровель.

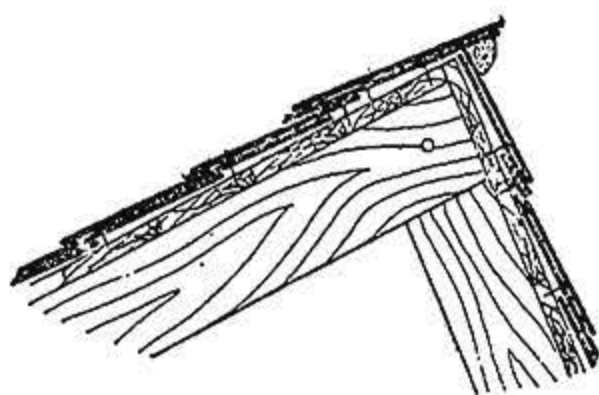


Фиг. 154. Покрытие кровли естественным шифером (покрытие и уплотнение конька листовым цинком, оцинкованными железными держателями и гвоздями)

Помимо этого возможно применение шифера в электротехнической промышленности (распределительные доски), для изготовления грифельных досок, точильных брусков и т. д.

При покрытии кровли шифером различают три способа покрытия кровельными сланцами: английский, немецкий и французский. При немецком способе покрытие производится обычно на сплошную опалубку, причем форма применяющихся плиток шестиугольно-прямоугольная, шестиугольно-остроугольная, ромбическая и т. д. При французском способе плитки прибиваются 3 гвоздями или к обрешетке из узких досок или к клинообразным

рейкам. Наиболее распространен английский способ ординарного или двойного покрытия стандартными плитками (фиг. 153). Плитки кладутся или на сплошную опалубку (доски толщиной 2,5 см и шириной в 14—18 см) или на реечную обрешетку (бруски 4 × 6 см).



Фиг. 155. Покрытие кровли естественным шифером (защита конька).

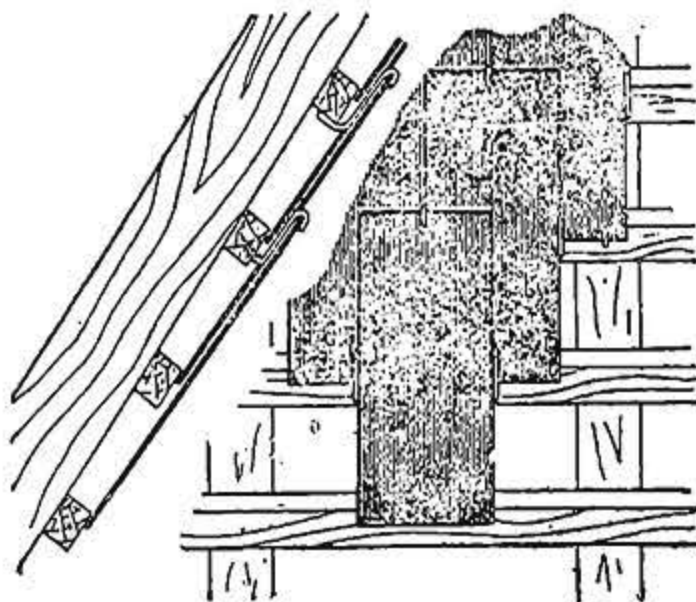
Целесообразно предварительное покрытие досчатой опалубки толем с целью воспрепятствовать пропитыванию досок влагой, могущей проникнуть через швы покрытия. Расстояние между смежными рейками принимается несколько меньше, чем половина сланцевой плитки; поэтому верхняя плитка перекрывает нижнюю (третью) плитку, что препятствует проникновению дождевой воды или таяющего снега через швы кровли.

Плитки прибиваются к рейкам оцинкованными широкошляпными гвоздями несколько выше середины плитки таким образом, чтобы гвозди одновременно придерживали верхний край нижележащей плитки, чем создается устойчивость против ветра. Конек закрывается листовым цинком (фиг. 154) или защищается выступом плиток (фиг. 155).

Как уже указывалось выше, крепление плиток с кровлей может быть произведено также и при помощи крючков (фиг. 156). При этом достигается большая устойчивость против ветра, уменьшается брак плиток и облегчается ремонт крыши. Подъем крышам следует давать не менее 1/3, так как при меньшем уклоне задерживается снег, и кровля течет. Нижний край крыши, вдоль желоба, покрывается половинками (половинной длины) прямоугольных плиток.

Шифер транспортируется в открытых вагонах с укладкой вплотную на ребро и хранится в открытом месте.

Технические условия на приемку естественного шифера приведены в ОСТ 2929, 2930 и 2931.



Фиг. 156. Прикрепление плиток кровельного сланца к опалубке медными крючками.

ЭТЕРНИТ

(Искусственный шифер, асбошифер, асбофанера, террофазерит).

Определение. Этернитом (искусственным шифером, асбошифером, асбофанерой, террофазеритом) называются кровельные материалы, вырабатываемые из смеси асбеста и цемента, в виде спрессованных или неспрессованных листов, содержащих от 10 до 15% асбестового волокна и от 85 до 90% портланд-цемента.

Целью введения асбеста является армирование цементной массы волокнами асбеста наподобие железной арматуры в железобетоне.

Этернит может изготавливаться в виде плоских кровельных плиток, в виде плоских листов гладкой асбофанеры и в виде листов волнистой фанеры.

Лучшим материалом является, как это показано ниже, волнистая асбофанера.

Цвет этернита светлосерый. Путем добавления в асбоцементную массу различных красителей возможно получать этернит любого цвета.

Сырье. Сырьем для изготовления асбошифера является, как это видно из определения, асбест и портланд-цемент.

Асбест. Асбест представляет собой минерал желтоватого цвета, обладающий волокнистым строением и способностью расщепляться на тонкие волокна. По химическому составу различают два основных типа асбеста: хризотилловый (серпентиновый) и амфиболовый (роговообманковый). В СССР разрабатывается исключительно хризотилловый асбест, представляющий собой водный силикат магнезии ($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Асбест огнестоек, малотеплопроводен, малоэлектропроводен, эластичен, достаточно прочен (временное сопротивление растяжению недеформированного волокна составляет от 250 до 300 кг/мм²), и т. д., что в связи с его наиболее важным свойством—способностью давать при расщеплении тонкое волокно,—допускает его использование для производства различных тканей, набивок, изоляций, разнообразных строительных материалов и т. д.

Согласно, ОСТ 2928 хризотилловый асбест делится на асбест ручной обработки (кусковой асбест) и асбест механической обработки (фабричное волокно). Фабричное волокно в свою очередь разделяется в зависимости от длины волокон на шесть сортов.

В промышленности строительных материалов (асбошифер, асбоцементные трубы) применяется асбест низших сортов (IV, V и VI). Предельная длина волокна этих сортов 4,8 мм.

Употребление более длинных волокон не является обязательным, так как асбест применяется в смеси с портланд-цементом или иными вяжущими веществами.

Разработка асбестовых месторождений производится преимущественно помощью открытых карьеров. После добычи асбестоносной породы производится ее предварительное обогащение (до содержания асбеста в пределах 20—25%), после чего порода направляется на сортировку. Последняя состоит из следующих операций: раздробления асбестовой руды, сортировки дробленой породы по крупности и отделения асбестового волокна от пустой породы.

Месторождения асбеста в СССР имеются на Урале (наиболее мощные и имеющие мировое значение), Сев. Кавказе и в Сибири.

Производство этернита. Производство этернита по наиболее распространенному мокрому способу Гатчека складывается из следующих операций: расщепления асбестового волокна, смешивания асбеста с портланд-цементом, обезвоживания массы, придания ей формы, разрезки на отдельные плитки или листы, добавочного прессования на гидравлических прессах (кроме больших листов) и окончательной выдержки продукции на складах.

Расщепление асбеста производится путем предварительного размола на бегунах или вальцовых станках и последующего распушения в дезинтеграторах. Под действием бегунов пустая порода размалывается, и происходит отделение песка от волокнистых частиц. Размолотая масса проходит через сито для отделения встречающихся в асбесте различных загрязнений, нерастертых комков асбеста и т. д., и поступает в дезинтеграторы. В последних происходят разрыхление и полная очистка асбестового волокна, превращающегося в рыхлый мягкий материал, напоминающий мягкую шерсть или вату.

Смешение асбеста с водой и портланд-цементом происходит в аппарате, называемом голлендером или роллом. Асбест и цемент взвешиваются и поступают в голлендер, предварительно заполненный нужным количеством воды. Смешение в голлендере длится 20—40 мин. до получения однородной массы. По окончании размола и смешения в голлендере масса поступает в запасный резервуар (месильный чан), где происходит непрерывное перемешивание массы, а затем в специальную механическую мешалку.

Обезвоживание массы происходит на папп-машине (листовая машина) с целью удаления воды и получения однородной асбесто-цементной массы в форме листов. Обезвоживание достигается цилиндрическими ситами, на которых вода отфильтровывается через сетку, волокна же асбеста с адсорбированным на их поверхности цементом удерживаются сеткой (слой толщиной около 1/2 мм) и передаются на бесконечный войлочный транспортер. Транспортер проходит через всасывающее устройство, на котором происходит дальнейшее обезвоживание массы, после чего она поступает на форматный барабан.

Формование массы происходит на форматном барабане путем последовательного наложения слоев влажной массы асбеста и цемента. По достижении соответствующей толщины масса разрезается на образующей барабана на один или несколько листов. Последние снимаются с форматного барабана и укладываются на деревянный разгрузочный стол, установленный рядом с машиной на ее продолжении.

Разрезка листов на плитки заданных размеров и формы происходит на штамповочных машинах. Разрезка больших листов асбофанеры производится специальными ножницами или на станках с круглыми ножами.

Прессование плиток для придания им более плотной структуры и уменьшения водонасыщения производится на гидравлических прессах (сила давления от 250 до 400 кг/см², в зависимости от формата). В результате отжимания воды и уплотнения массы толщина сырого листа значительно снижается и доводится до 4 мм. Плитки во избежание их вдавливания друг в друга прокладываются металлическими листами.

Большие листы волнистой асбофанеры не прессуются; листы гладкой асбофанеры могут быть прессованными и непрессованными.

Выдерживание плит производится предварительно в камерах твердения на металлических прокладках. После одно-двухсуточного выдерживания в камере плитки снимаются

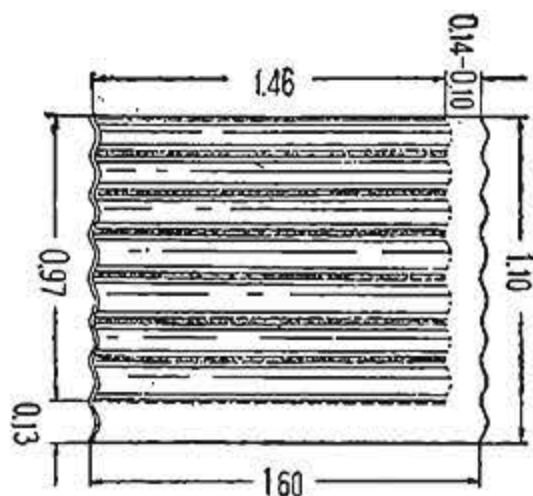
к прикладок и направляются для шаблонирования на станц-машинах, где у них обрезаются сромки и уголки и пробиваются дыры для гвоздей. Затем шифер поступает в заводские склады для завершения твердения. Хранение на складе длится от 2 до 3 недель, после чего шифер пригоден для употребления.

Размеры. Плоские кровельные плитки имеют размеры: 40×40 , 30×30 и 40×20 см. Толщина плиток равна 4 мм. Допуски к размерам указаны в ОСТ 688.

Размеры гладкой асбофанеры приняты в 120×160 , 120×120 , 120×80 , 160×60 см, при толщине в 4,5 мм для прессованных листов и 5,5 мм для непрессованных.

Волнистая асбофанера выделяется в настоящий момент в виде листов размером $1,60-1,720 \times 1,00-1,15$ м², при толщине в 5,5 мм.

Форма и внешний вид. Плоские кровельные плитки из искусственного шифера должны иметь форму квадрата или прямоугольника с двумя скошенными противоположными обрезами или без них. Плоскости плиток должны быть ровными и гладкими, кромки — прямыми и плотными (отклонения указаны в ОСТ 688).



Фиг. 157. Волнистая асбофанера.

Гладкая асбофанера должна иметь форму прямоугольных листов с волнами, направление гребней которых совпадает с направлением большей стороны прямоугольника (фиг. 157). Форма волны не устанавливается, но каждый завод выработывает свой профиль волны, который для него становится обязательным. Так например з-д „Красный строитель“ выпускает фанеру с 8 волнами, имеющими размер от вершины гребня одной волны до вершины другой в 135 мм при высоте волны в 27 мм.

Свойства. Структура. Масса искусственного шифера не должна содержать, кроме цемента и асбеста каких-либо других примесей². Волокна асбеста должны быть равномерно распределены в общей массе цемента, так как в противном случае они не будут играть роли арматуры, что, как указывалось выше, является основным моментом в соединении цемента и асбеста. Равным образом на поверхности фанеры не должно наблюдаться игольчатого строения асбестового волокна, которое свидетельствует о плохой распушке асбеста и тщательном перемешивании его с цементом.

Подвешенный лист асбофанеры при ударе об него деревянным молотком должен издавать чистый, не дребезжащий звук.

Объемный вес. Объемный вес прессованных плиток колеблется от 1700 до 2000 кг/м³, а непрессованных больших листов фанеры — от 1500 до 1800 кг/м³. В частности вес одной штуки плитки размера $40 \times 40 \times 0,4$ см равен 0,82 кг и 1 м² волнистой фанеры толщиной в 5,5 мм — от 8 до 11,5 кг/м². Вес 1 м² шиферного покрытия колеблется от 16 до 60 кг в зависимости от типа выбранного шифера, его основных размеров и самого способа избранного покрытия. Само собой разумеется, что наименьший вес кровли получается при покрытии ее большими листами фанеры.

¹ Волнистый искусственный шифер может выделяться и других размеров в зависимости от размера форматного барабана папп-машины и величины волны (согласно статическому расчету).

² При приготовлении гладкой асбофанеры сорта Б (не морозостойкой), не применяющейся для покрытия кровель, возможно добавление диатома (трепела) в количестве, не превышающем 30%.

НТБ
ДНУЖТ

Механические свойства. Временное сопротивление изгибу плоских кровельных плиток составляет через 3 мес. по изготовлении в среднем 280 кг/см^2 . Прочность больших непрессованных листов фанеры примерно на 20% меньше. Однако эта разница не имеет практического значения, так как ломающая нагрузка вследствие разности в толщине прессованных плиток и непрессованных листов асбофанеры почти одинакова.

Согласно ОСТ 688 плоская кровельная плитка через 28 дней по изготовлении должна выдерживать без видимых повреждений нагрузку в 30 кг, равномерно приложенную по всей длине пластинки перпендикулярно к оси главного направления волокон асбеста (направление наматывания листа на формовочный барабан папп-машины — направление основы) и 25 кг — при расположении нагрузки параллельно оси главного направления волокон.

Все случаи излома плиток при их испытании должны происходить лишь после явлений изгиба, а не быть внезапными.

Что касается механической прочности волнистой асбофанеры, то такая значительно выше, нежели плоских плиток, и согласно ОСТ 3721 фанера через 28 дней после ее изготовления, будучи в воздушно-сухом состоянии, должна иметь временное сопротивление на изгиб при расположении гребней волны перпендикулярно опорам не менее 110 кг/см^2 и при расположении гребней волны параллельно опорам не менее 140 кг/см^2 .

Повышенная прочность волнистой асбофанеры свидетельствует о более полном использовании прочности материала.

Водонепроницаемость. Асбошифер должен быть водонепроницаемым. Согласно ОСТ 688 водонепроницаемость шифера характеризуется тем, что шифер под давлением водяного столба диаметром в 25 мм и высотой в 250 мм не должен в течение 36 час. давать на нижней своей стороне капель воды. Непрессованная асбофанера, как гладкая, так и волнистая, более водонепроницаема, чем прессованные плитки. Все же непрессованная асбофанера практически может считаться водонепроницаемой, так как ее толщина больше, чем толщина шиферных плиток.

Водонасыщение. Высушенная до постоянного веса при температуре 100° плоская кровельная плитка после 7-дневного пребывания в воде не должна поглощать воды более 15% своего веса в высушенном состоянии.

Водонасыщение непрессованных листов гладкой (сорт А) и волнистой фанеры примерно на 5% больше. Но в данном случае повышенное водонасыщение не обуславливает коробления листов.

Устойчивость против атмосферных влияний. Асбошифер должен быть устойчивым против атмосферных влияний. В соответствии с ОСТ 688 насыщенный водой асбошифер должен выдерживать двадцатикратное замораживание при температуре не менее -17° с последующим оттаиванием, при температуре $15-18^\circ$ без каких-либо видимых изменений. При испытании волнистой асбофанеры, ОСТ 3721 вводится двадцатипятикратное замораживание при температуре -10° .

Огнестойкость. Асбофанера выдерживает нагревание до 1200° без признаков разрушения. В некоторых случаях наблюдалось во время пожара растрескивание асбошифера, что может быть объяснено, с одной стороны, неудовлетворительным качеством асбошифера, а с другой — влиянием холодной воды (тушение пожара) на раскаленные плитки.

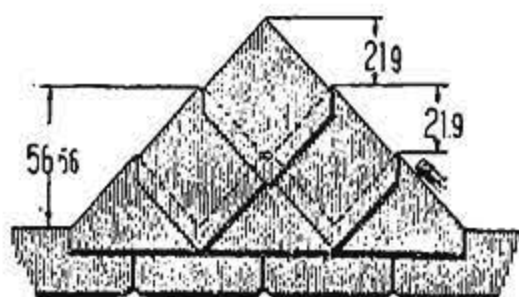
Теплопроводность. Коэффициент теплопроводности шифера относительно незначителен (около 0,3), что создает особые удобства в его применении.

Прочие свойства. Этернит хорошо сопротивляется действию

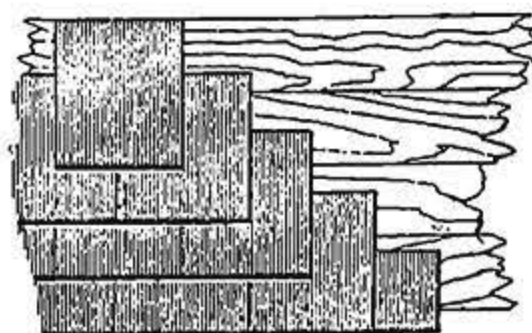
горных и кислотных газов, является плохим проводником электрического тока и т. д. Вследствие гладкой поверхности шифера снег на нем держится плохо, а вода легко скатывается.

Удобство обработки. Этернит легко пилится, режется, буравится, тешется топором, пробивается гвоздем и т. д. Так например при разрезке волнистой фанеры вдоль волны достаточно прочертить по линейке раз стальным острием линию, после чего лист разламывается по намеченной черте.

Применение. Покрытие из этернита требует примерно таких же стропильных конструкций, что и железные кровли. Укладка этернита



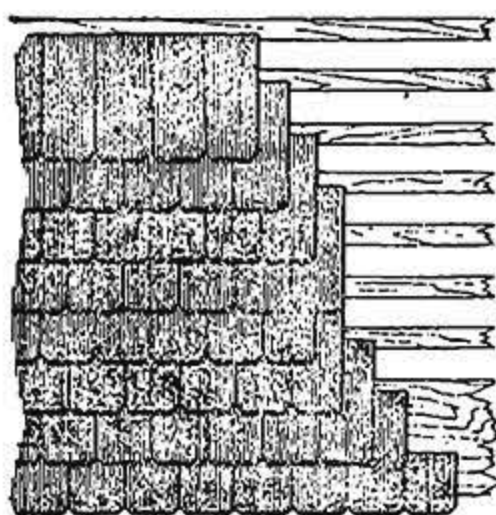
Фиг. 158. Покрытие кровли асбестшифером по французскому способу (укладка половинных шаблонов).



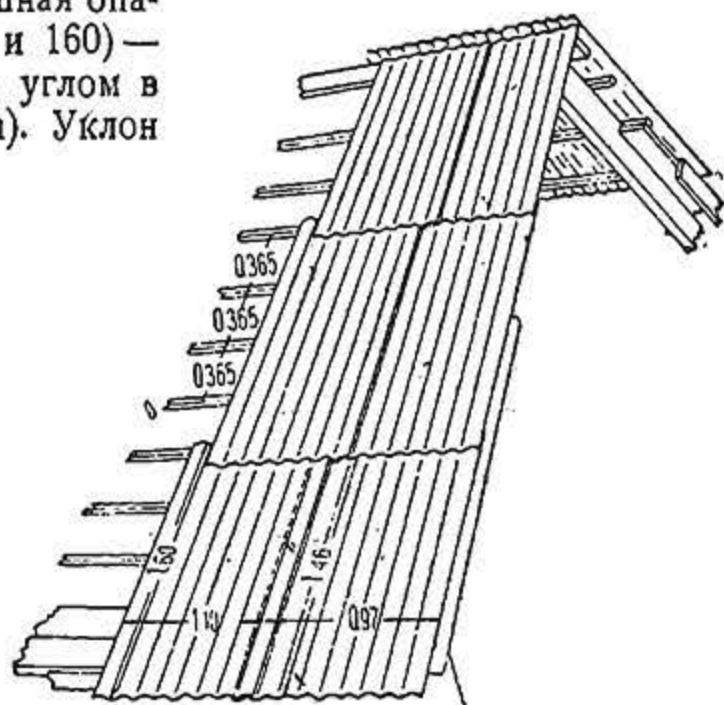
Фиг. 159. Покрытие кровли асбестшифером (одинарное немецкое покрытие).

может быть по сплошной тесовой опалубке или реечной обрешетке. Прибивка плоских плиток производится широкошляпными проволочными оцинкованными гвоздями длиной в 32 мм, а волнистой фанеры — винтами в 75—87 мм с круглой головкой (на шайбах). Во избежание срывания плиток ветром их закрепляют противоветренными медными или оцинкованными задержками (кляммерами).

Существует два главных вида покрытия плоскими плитками: французское (фиг. 158) — когда ряды плит, а следовательно и обрешетины, параллельны коньку кровли (сплошная опалубка), и немецкое (фиг. 159 и 160) — когда те и другие проходят под углом в 45° к коньку (реечная обрешетка). Уклон



Фиг. 160. Покрытие кровли асбестшифером (двойное немецкое покрытие).



Фиг. 161. Покрытие кровли волнистой асбофанерой.

крыш должен быть не менее $\frac{1}{6}$; при более пологих кровлях необходимо делать двойное покрытие.

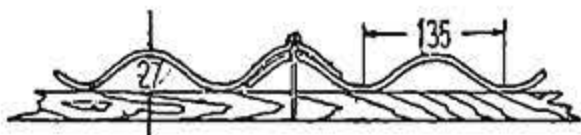
Волнистая фанера укладывается по реечной обрешетке (достаточно редко расставленной) при направлении волн по скату кровли. Листы

фанеры во избежание затекания воды напускаются один на другой (фиг. 161 и 162). Уклон кровли не должен быть меньше 20° . Для перекрытия коньков кровли из плоских плиток или из волнистой фанеры изготавливаются специальные фасонные листы (фиг. 163).

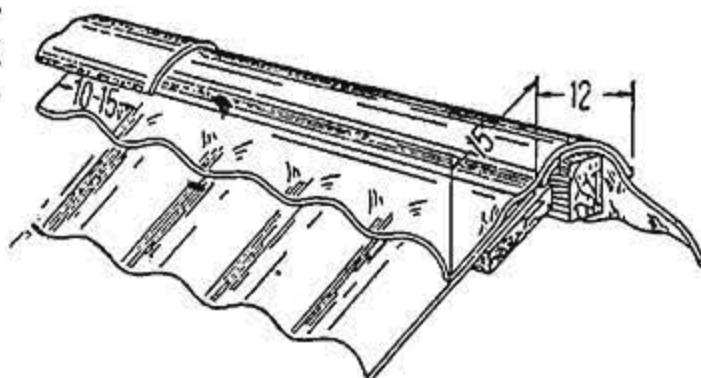
Пробивание дыр в этерните на месте постройки нежелательно, так как при пробивке могут получаться дыры, большие, чем требуется, с рваными краями и выкрашивающиеся снизу, что значительно уменьшает прочность листа на месте прикрепления и облегчает проникновение воды под кровлю.

Кровля из этернита допускает хождение по крыше, но ввиду ее большой скользкости и возможности поломки этернита (что имеет место при плоских кровельных плитках) следует воспрепятствовать хождению по кровле без устройства специальных стремянок.

Кровли из волнистой фанеры имеют ряд преимуществ по сравнению с плоскими плитками малого размера (уменьшение веса материала и веса кровли, уменьшение расхода рабсилы и т. д.). Эти преимущества особенно выявляются при покрытии больших плоскостей. Однако следует отметить что волнистая фанера неудобна для транспортировки, так как даже небольшая поломка кромок вызывает брак целой плиты. Поломка кромок возможна и во время эксплуатации (очистка снега).



Фиг. 162. Прикрепление волнистой асбофанеры к деревянной обрешетке.



Фиг. 163. Шарнирный конек при кровле из волнистого шифера.

Волнистая асбофанера может применяться не только как кровельный материал, но и как материал для обшивки металлических конструкций (замена волнистого железа) для устройства междуэтажных перекрытий (несгораемый накат между двумя балками) и в качестве остающейся опалубки (свод) при возведении железобетонных перекрытий.

Гладкая асбофанера может применяться как материал для наружных стен зданий павильонного и барачного типа и как материал для перегородок.

Технические условия приемки плоских кровельных плиток гладкой и волнистой асбофанеры приведены в ОСТ 688, 3720 и 3721.

ТОЛЬ КРОВЕЛЬНЫЙ

Определение. Кровельный толь представляет собою толевый картон, пропитанный составом из смеси каменноугольного дегтя (коксового или газового) с пеком. В зависимости от веса толевого картона кровельный толь изготавливается четырех номеров (№ 1—4). Толь выпускается шириной полотна в 1 м и длиной в 15 м, плотно свернутым в куски (рулоны).

Сырье. Сырьем для производства кровельного толя являются: толевый картон, каменноугольная смола (деготь), пек и песок.

Толевый картон может изготавливаться непосредственно на толевых фабриках или же поступать извне как полуфабрикат. В обоих случаях он должен удовлетворять ОСТ 796. Толевый картон изготавливается из тряпичной массы различной толщины и веса, разделяясь в соответствии с этим на четыре номера. Вес 1 м² картона № 1 (1,5 мм) составляет 600 г, № 2 (1,2 мм)—450 г, № 3 (0,8 мм)—350 г и № 4 (0,55 мм)—250 г. Картон первых двух номеров лучшего качества, чем третьего и четвертого номеров, что объясняется некоторым различием

в составе тряпичной массы. А именно: шерсти в картоне № 1 — 2 должно быть не менее 20%, против 15% для № 3 — 4. Остальное приходится на хлопчатобумажное волокно, которого должно быть во всех номерах не менее 30%, и на пеньковое, льняное и джутовое волокно. Содержание древесно-соломенного волокна допускается в количестве не более 5%.

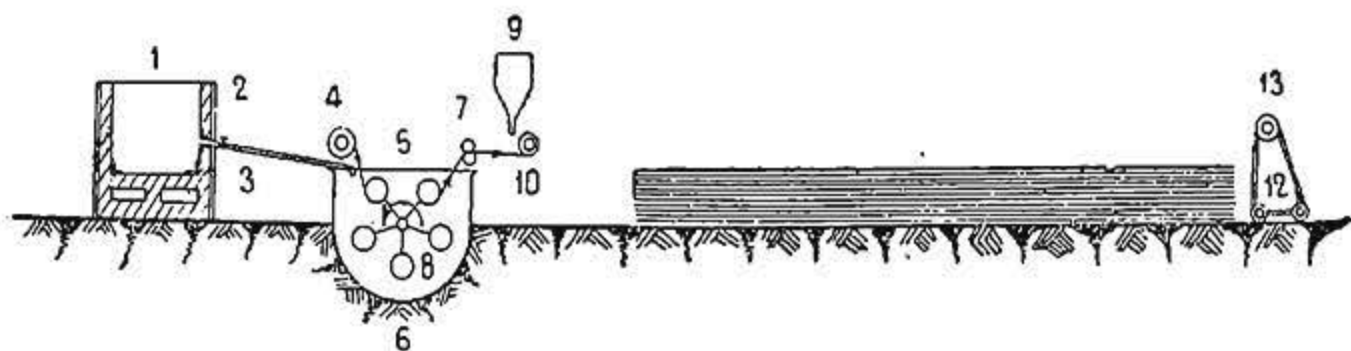
Ширина толевого картона равняется 1 м.

Каменноугольная смола (каменноугольный деготь) является побочным продуктом газового или коксового производства и по своему внешнему виду представляет собой густую маслянистую жидкость черного цвета, нерастворимую в воде. Каменноугольный деготь возможно отличить от древесного дегтя по щелочной реакции, присущей каменноугольному дегтю благодаря содержанию аммиака. Древесный же деготь, содержащий уксусную кислоту, имеет кислую реакцию. Вредной составной частью каменноугольного дегтя являются легкие масла, подлежащие удалению до составления пропиточной массы. Каменноугольная смола отпускается в железных бочках или в специально оборудованных цистернах.

Каменноугольный пек представляет собою остаток в перегонном кубе после возгонки каменноугольной смолы. В толевой промышленности применяется пек мягкий и пек средней твердости. Мягкий пек при нормальной температуре тягуч и на солнце расплавляется в трудно текучую массу с зеркальным блеском (температура размягчения 40—60°). Пек средней твердости при нормальной температуре тверд и легко разбивается на куски. На солнце куски превращаются в бесформенную массу (температура размягчения 60—75°). Твердый пек не применяется в толевой промышленности, несмотря на высокую температуру размягчения, вследствие отсутствия в нем необходимой пластичности.

Каменноугольный пек доставляется в большинстве случаев навалом в вагонах.

Песок. Для посыпки толя применяется речной и горный песок. Величина зерен не должна превышать 2 мм, так как в противном случае песок будет отставать от картона.



Фиг. 164. Схема производства толя.

В песке не должно быть глинистых примесей, каковые также ослабляют сцепление песка с пропиточной массой.

Производство толя. Производство толя возможно подразделить на следующие производственные операции: выделку картона, приготовление пропиточной массы, пропитку картона, посыпку песком отжатого картона и упаковку (фиг. 164). Так как картон можно рассматривать как полуфабрикат, поступающий на собственно толевое производство извне, со в последующем изложении изготовление толевого картона описано не будет¹.

Приготовление пропиточной массы. Пропиточная масса (смоловая композиция) состоит из смеси каменноугольной смолы (дегтя) и песка. В смоле должны отсутствовать легколетучие фракции, так как в противном случае они будут улетучиваться уже в период службы толя, и последний будет относительно легко подвергаться разрушающему действию атмосферы.

Каменноугольная смола подается в смесительные варочные котлы 1, имеющие надлежащую обмуровку 2 и подвергается варке при температуре 150° с целью отделения от нее избыточной воды. Затем в смолу загружают пек и продолжают вести подогрев при перемешивании, а в некоторых случаях и без такового. От нагрева пек растворяется в каменноугольной смоле, а из смолы частично удаляются легколетучие составные части. Процесс варки считается законченным тогда, когда пек будет весь расплавлен. Обычно длительность процесса равняется 12—16 час. По окончании подогрева масса поступает по трубопроводам 3 в пропиточный агрегат.

Обычный состав пропиточной массы: 50% смолы и 50% пека. Теоретически желательно увеличение дозы пека, так как толь становится более погодоустойчивым и в то же время более дешевым. Но приходится считаться с тем, что увеличение количества пека делает толь хрупким и ломким.

Пропитка картона. Операция пропитки производится в специальных револьверных ваннах 5—6 наполненных пропиточной массой. Последняя наливается в ванну в горячем состоянии и доводится путем подогрева до температуры в 90—100°. Подогрев производится или при помощи пара или посредством огневой подсушки.

Револьверная ванна представляет собой прямоугольную железную ванну с полукруглым дном, в центре которого имеется вращающаяся крестовина, приводимая в движение вручную.

¹ О приготовлении картона см. В. А. Воробьев, Производство кровельного толя и руберойда, ч. I. ГНТИ М.-Л., 1932.

НТБ
ДНУЖТ

На каждом из четырех концов крестовины насажены вращающиеся катушки 8, на которые наматывается картон с рулона 4. С одного конца ванны делается заправка картона 3, а с другого конца пропитанный картон тянется горячими отжимными вальцами 7. Последние обогреваются паром, горячей водой или электричеством (чаще применяется пар). Отжимные вальцы предназначаются для удаления избытка пропиточной массы и уплотнения картона, но во всяком случае после отжима картона на нем должно остаться достаточное количество массы для принятия песка.

Револьверные ванны строятся с четырьмя, пятью и иногда с шестью катушками. При четырехкатушечной ванне работают на трех катушках, а одна катушка оставляется свободной. На одну из трех работающих катушек наматывается свежий картон, с другой противоположной катушки пропитанный картон разматывается и пропускается через отжимные вальцы, а третья катушка с намотанным картоном пропитывается на дне ванны, пока разматывается ранее пропитанная катушка. Размотанная катушка вращением крестовины поднимается на верх ванны и остается в таком положении, пока наматывается свежий картон на соседнюю катушку.

Время пропитки зависит от состава массы (чем больше пека, тем длительнее пропитка) и от температуры. Чем дольше была пропитка, т. е. чем больше усвоено картоном пропиточной массы при одних и тех же условиях, тем долговечнее будет толь. В соответствии с этим отношение веса пропиточной массы к весу картона должно быть не меньше 3:2.

Пропитанный и отжатый картон поступает под посыпку песком 9. Подсыпка производится с обеих сторон вручную или машинным путем; посыпанный песком толь наматывается в рулоны 10. Возможно также до укатки в рулоны предварительно охлаждать толь в штабелях 11, лишь после чего произойдет намотка толя в рулоны 12 и 13.

Свойства. Внешний вид и однородность пропитки. По внешнему виду поверхность толя должна иметь однородный цвет, без пятен, и должна быть равномерно посыпана песком¹. Разрез толя должен иметь однородный цвет по всей толщине, без каких-либо светлых прослоек, указывающих на недостаточную и равномерную пропитку картона пропиточной массой. Полотно толя вовсе не должно иметь продольных разрывов: поперечных разрывов не должно быть больше одного на кусок.

Механические свойства. Прочность толя обуславливается прочностью толевого картона и укрепляющим действием, которое оказывает на картон пропиточная масса. Согласно ОСТ 799 при испытании на разрыв, полоса толя шириной в 50 мм должна выдерживать:

| | | |
|--------------|----------|-------|
| для толя № 1 | не менее | 35 кг |
| " " № 2 | " " | 30 " |
| " " № 3 | " " | 25 " |
| " " № 4 | " " | 20 " |

Эластичность. Толь должен обладать некоторой эластичностью, причем эту эластичность он не должен утрачивать после воздействия на него повышенной температуры в течение определенного периода времени. Поскольку эластичность толя обуславливается наличием в пропиточной массе летучих масел, а улетучивание последних идет особенно интенсивно лишь в первые часы нагревания, то ОСТ 799 установлено следующее испытание толя: при нагревании в течение 7 час. при температуре 70° толь не должен становиться хрупким, т. е. по охлаждении (16—18 час.) он должен выдерживать пробу навиванием.

Потеря в весе при нагревании. Потеря в весе при нагревании характеризует устойчивость пропиточной массы по отношению к воздействию тепла. Последняя может проявляться, с одной стороны, в уменьшении эластичности материала, а с другой — в уменьшении его веса. Большая потеря в весе при нагревании указывает на наличие в пропиточной массе большого количества легколетучих масел, что обуславливает неустойчивость толя против атмосферных влияний. Согласно ОСТ 799, потеря в весе при нагревании в течение 5 час. при 30° не должна превышать:

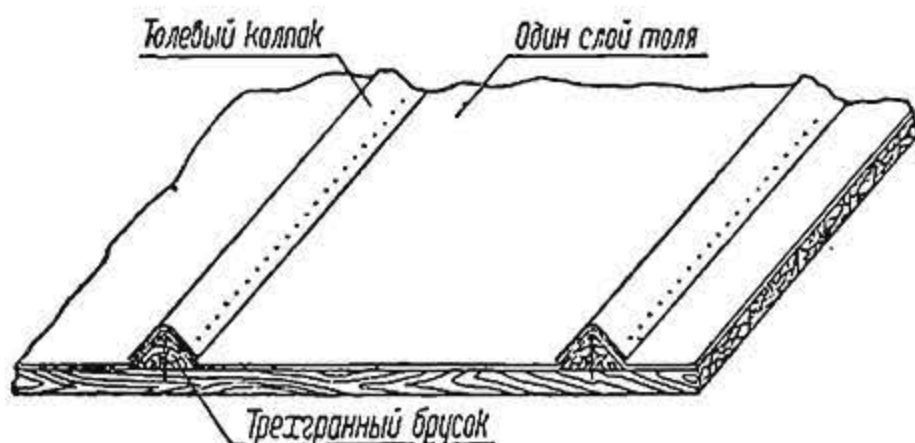
| | | |
|--------------------|--------------------------------|--------|
| для куска толя № 1 | размером в 100 см ² | 0,40 г |
| " " № 2 | " " | 0,30 " |
| " " № 3 | " " | 0,25 " |
| " " № 4 | " " | 0,20 " |

¹ Достаточная и ровная посыпка песком повышает огнестойкость толя. Наличие на толе мест, к которым не пристает песок, свидетельствует о перегреве дегтя в пропиточной ванне.

Водонепроницаемость. Та или иная степень непроницаемости толя зависит от качества пропитки картона пропиточной массой и количества последней, усвоенной картоном. Согласно ОСТ 799 толь должен быть водонепроницаем под давлением столба воды высотой в 20 мм в продолжение нижеуказанного периода:

| | |
|--------------|------------------|
| для толя № 1 | не менее 6 суток |
| " № 2 | " 5 " |
| " № 3 | " 4 " |
| " № 4 | " 3 " |

Применение. Кровельный толь применяется: для покрытия новых кровель, а также старых железных кровель, в качестве изоляционного материала¹, для прокладки под смазку полов (толь № 4) и т. д.



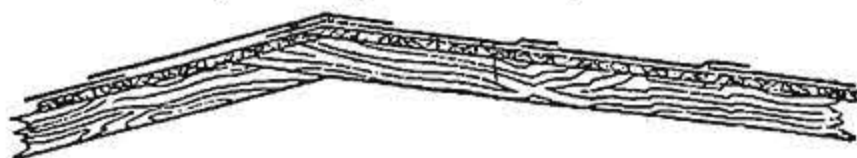
Фиг. 165. Однослойное толевое покрытие по деревянной опалубке трехгранным бруском.

Толевые кровли могут делаться однослойными и двухслойными, клееные или на гвоздях. Верхний слой кровли или окрашивается лаком² и посыпается крупно просеянным песком, или покрывается гольцементом (см. дальше), или клеем³ и посыпается песком или мелким или крупным гравием (кровля с гравием — кисспапдах).

Однослойное покрытие. Однослойное толевое покрытие делается по сплошной деревянной опалубке (толщина досок 3—5 см и ширина — 10—12 см). Толь может настилаться по трехгранным брускам (для зданий постоянного характера, но второстепенного назначения — бараки, постоянные сараи, конюшни и пр.) или внахлестку (для временных зданий — бараки, навесы, сараи и пр.).

Уклон крыш должен быть в пределах $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{6}$ пролета (14—18°). При более пологом настиле возможны порча и протекание кровли.

При покрытии по брускам (квадратный брусок в 5 см, распиленный по диагонали) последние набиваются гвоздями перпендикулярно коньку, затем между брусками укладывается толь таким образом, чтобы края его накрывали бока брусков до верхнего ребра, и прибивается толевыми широкошляпными гвоздями. После этого на бруски накладываются колпачки из толевых полосок шириной в 10 см и также прибиваются толевыми гвоздями (фиг. 165). Толь применяется № 1 или № 2.



Фиг. 166. Покрытие толем внахлестку без брусков.

При покрытии без брусков (№ 3 или № 4) полотна толя кладутся на опалубку параллельно карнизу, начиная от нижнего ската крыши, с выступом на 5—8 мм ниже краев. Первое полотно укладывается над свесом

¹ При изоляции фундаментов и стен от грунтовой сырости применяется в зависимости от количества укладываемых слоев толь № 3 и 4.

² Толевый лак состоит из безводной каменноугольной смолы, примерно 80% асфальта, 80% извести-пылянки и 20% графита или мелкого чистого песка.

³ Клеемасса представляет собой мастику горячей варки, состоящую из 250% нефтяного жидкого полугудрона; 600% твердого асфальтового гудрона и 150% керосинового пека.

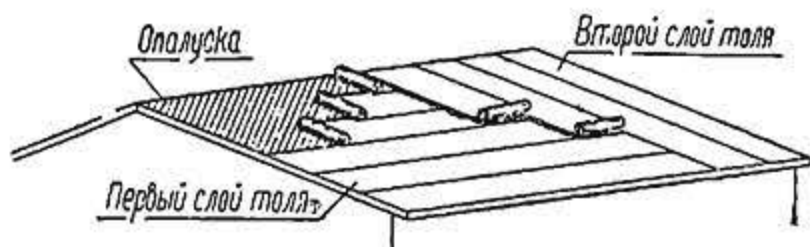
НТБ
ДНУЖТ

крыши; второе — выше первого с перекрытием края первого на ширину 70—80 мм, третье — выше второго и т. д. Полотна, ближайšie к коньку с обеих сторон крыши, должны перегибаться через него на другую сторону ската крыши на 10—15 мм, так, чтобы на коньке получилось покрытие в 2 слоя (фиг. 166). Прибивка толя производится толевыми гвоздями на расстоянии 35—40 мм. Этот вид кровли недостаточно устойчив против ветра и против усыхания и разбухания опалубки.

Кровля в обоих случаях окрашивается горячим кровельным лаком и засыпается крупным просеянным песком.

Двухслойное покрытие. Двухслойное толевое покрытие является кровлей для капитального промышленного и гражданского строительства и может быть трех типов: а) покрытие на клебемассе по деревянной опалубке из брусков (типа Л) или по бетону, б) покрытие на клебемассе по деревянной опалубке обыкновенного типа и в) также по деревянной опалубке, причем первый слой на гвоздях, а второй — на клебемассе.

а) Основой для опалубки типа Л служит двойной деревянный настил из досок или брусков, сшитый между собою под углом в 45° гвоздями. Древесина верхнего слоя должна консервироваться для защиты от грибка промазкой карболинеумом или креозотовым маслом (по 0,5 кг на 1 м² поверхности брусков). По мере нашивки верхнего (защитного) настила поверхность его грунтуется горячей клебемассой, заполняющей щели, трещины и прочие пустоты. Наклейка толя производится после проверки тщательности выполнения грунтовки и заделки всех обнаружившихся неплотностей и неровностей и осуществляется следующим образом: рулон толя (№ 3 или № 4) раскатывается по горячей клебемассе (при постоянном разглаживании и прижимании) параллельно карнизу так, чтобы край полотна свешивался с края крыши (5—8 мм) для загиба на крайние доски опалубки и прибивки к ним толевыми гвоздями (фиг. 167). Последующий ряд толя перекрывает предыдущий на 5 см и т. д. Второй слой толя (№ 2 или № 1) наклеивается также на клебемассе перпендикулярно коньку, начиная сверху, и обрезается ровно на карнизе. Соседние ряды перекрываются на 5 см. По окончании наклейки второго слоя поверхность кровли покрывается горячей клебемассой или кровельным лаком и засыпается просеянным крупным песком. Наклейка толя должна производиться в сухую погоду по сухой поверхности.



Фиг. 167. Двухслойное толевое покрытие.

Уклон крыши должен быть не меньше $\frac{1}{40}$ пролета (3°), если кровля окрашивается клебемассой и $\frac{1}{24}$ — $\frac{1}{6}$ (5—18°) при окраске кровельным лаком.

Покрытие бетонного основания производится таким же порядком.

б) Покрытие опалубки производится так же, как описано выше. Опалубка устраивается сплошная из досок толщиной в 3,75—5,00 см, настилаемых по стропилам параллельно коньку, или из досок толщиной в 2,50—3,75 см, настилаемых перпендикулярно коньку по обрешетке из брусков. Для первого слоя применяется толь № 2 или № 3 и для второго слоя — № 2 или № 1.

в) Покрытие по сплошной опалубке производится следующим образом: первый слой толя настилается так же, как и при однослойном покрытии без брусков, а второй слой наклеивается на первый на горячей клебемассе (перпендикулярно коньку). По окончании покрытия вторым слоем, поверхность кровли покрывается горячей клебемассой или кровельным лаком и тотчас же засыпается крупным просеянным песком. Номера толя те же, что и в предшествующем случае.

Уклон крыши должен быть не менее $\frac{1}{24}$ пролета (около 5°) при окраске клеемассой и в пределах $\frac{1}{24}$ — $\frac{1}{6}$ (5 — 18°) при окраске кровельным лаком.

Покрытие крыши должно происходить в сухую погоду и по сухой поверхности.

Поскольку толь относительно сильно выветривается, что характеризуется появлением бурых или желтоватых пятен, толевые крыши в случае их покраски кровельным лаком должны через год вновь окрашиваться с посыпкой песком; в последующем окраска должна производиться через каждые три года.

РУБЕРОЙД

(битумированный или асфальтированный картон)

Определение. Руберойдом называется кровельный или изоляционный гибкий материал, состоящий из картона, пропитанного мягкой битумной смесью (пропиточная масса) и покрытого с обеих сторон твердой битумной смесью (покрывальный слой).

Таким образом руберойд отличается от толя, с одной стороны, наличием покрывального слоя¹, а с другой — применением для пропитки не дегтевых материалов, а нефтяных битумов. Помимо этого для изготовления руберойда применяется картон более высокого качества, чем при изготовлении толя. В результате получается материал, более прочный и более устойчивый против атмосферных влияний, чем толь.

В зависимости от веса 1 м^2 руберойдного картона руберойд изготавливается трех номеров (№ 1, 2, 3). Руберойд выпускается шириной в 1 м и длиной в 20 м в плотно свернутых рулонах. Цвет руберойда сероватый, стальной или серебристый.

Сырье. Сырьем для производства руберойда являются руберойдный картон, природный асфальт, нефтяные битумы², жидкие нефтяные полугудроны, твердые нефтяные и асфальтовые гудроны, керосиновый пек и тальк.

Руберойдный картон, так же, как и толевый, может изготавливаться непосредственно на руберойдных фабриках или же поступать извне как полуфабрикат. В обоих случаях он должен удовлетворять ОСТ 3036. Композиция для изготовления руберойдного картона включает те же составные части, что и для толевого картона, с той лишь разницей, что шерсти должно быть не менее 25% и хлопчатобумажного волокна не менее 45% . Содержание древесно-соломенного волокна может быть допущено, как случайная примесь, в размере не более 5% .

Картон изготавливается различной толщины и веса, разделяясь в соответствии с этим на три номера. Вес 1 м^2 картона № 1 ($1,6 \text{ мм}$) составляет 700 г , № 2 ($1,3 \text{ мм}$) — 500 г и № 3 ($1,0 \text{ мм}$) — 400 г .

Ширина руберойдного картона равняется 1 м .

Благодаря большому содержанию шерсти руберойдный картон более мягок и рыхл и более пухлый, чем толевый. Пухлость картона обеспечивает лучшую пропитку руберойда пропиточной массой, более густой и вязкой, нежели композиции, применяющиеся при толевом производстве.

Картон должен иметь однородную шероховатую поверхность без всяких посторонних включений и крупинок в виде недостаточно размолотых кусочков ткани и посторонних примесей.

Жидкий нефтяной полугудрон получается путем отгонки из нефтяных остатков (мазута) масляных фракций. Цвет черный или темнобурый.

Твердый нефтяной асфальтовый гудрон получается из жидкого полугудрона путем нагревания до 250°Ц при продувании через него воздуха (окисление) или же путем отгонки. В результате окисления полугудрон осмоляется и превращается в твердый гудрон. Температура размягчения твердых асфальтовых гудронов составляет 90 — 110° , гудронов средней твердости — около 50° и мягких — около 30° .

Температура размягчения высокоплавкого очень твердого бинагадинского гудрона лежит около 135 — 140° .

¹ Хороший покрывальный слой предохраняет от разрушения находящийся внутри пропитанный картон неограниченно долгое время.

² Битумом называется твердоплавкая или вязко-жидкая смесь углеводородов и их производных, полностью растворимая в сероуглероде, четыреххлористом углероде и подобных растворителях. Битумы, обладающие высоковязкими свойствами и незначительным содержанием летучих веществ, называются асфальтовыми битумами (природными и нефтяными).

НТБ
ДНУЖТ

Керосиновый пек представляет собой остаток после перегонки средних осветительных масел с целью выделения керосина (150—300°). Температура плавления пека 70—80°.

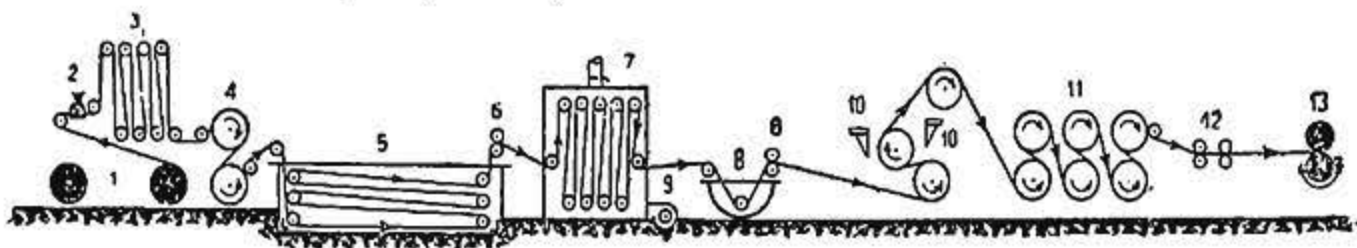
Производство руберойда. Процесс изготовления руберойда состоит из следующих операций: приготовления пропиточной и покрывальной массы, пропитывания руберойдного картона, поливки руберойда покрывальной массой, посыпки руберойда тальком, охлаждения руберойда и улаковки (фиг. 168). Выделку картона мы не описываем, так как последний можно рассматривать как полуфабрикат, поступающий на руберойдное производство в готовом виде.

Приготовление пропиточной и покрывальной массы. Пропиточная масса состоит из 65% твердого нефтяного гудрона и 35% жидкого нефтяного полугудрона или из 60% мягкого нефтяного гудрона и 40% гудрона средней твердости. Температура плавления массы лежит около 40—45°.

Покрывальная масса состоит из 80% твердого нефтяного гудрона, 10% высокоплавкого бинагадинского гудрона и 10% керосинового пека или из 85% твердого нефтяного гудрона и 15% высокоплавкого бинагадинского гудрона. Температура плавления массы равняется 80—85°.

Варка пропиточной и покрывальной мастики ведется в отдельных варочных котлах при температуре 210—230° около 16 час.

Пропитывание картона. Операция пропитки производится в специальных пропиточных ваннах, — револьверных (см. „Толь“) или в длинных непрерывнодействующих. Отличие непрерывнодействующих ванн от револьверных заключается в том, что ванна заправляется картоном только один раз в начале работ, а затем картон проходит через ванну непрерывным полотном в течение всего рабочего времени, обеспечивая безостановочную работу всей остальной аппаратуры. Естественно, что производительность непрерывнодействующих ванн значительно выше, чем револьверных.



Фиг. 168. Схема производства руберойда.

По концам непрерывнодействующей ванны 5 установлено три вращающихся металлических валика; расположенных один над другим с некоторым значительным промежутком (фиг. 168). Как видно из схемы, картон заправляется сначала на нижний валик 1, проходит все обороты соответственно числу валиков внутри ванны и с верхнего валика выходит из ванны в отжимные вальцы 6, обогреваемые паром. Последние служат не только для отжима, но и для вытягивания из ванны пропитанного картона. Скорость движения картона составляет 20 м/мин. Таким образом картон находится в ванне около 2 мин при температуре 160—180° (производится постоянный подогрев ванны). Так как картон имеет определенную длину, а конструкция ванны требует непрерывной работы, то необходимо производить скрепление концов картона между собой (на сшивательной машине 2) до поступления картона 1 в ванну, после чего картон идет из магациза 3 непрерывной полосой 4. Пропитанный картон поступает на транспортер, закрытый кожухом, и по охлаждении холодным воздухом 7, нагнетаемым специальным вентилятором 9, направляется в покрывальную ванну 8.

По выходе из ванны картон должен быть равномерно пропитан, и разрез руберойда не должен иметь каких-либо светлых прослоек, указывающих на недостаточную и неравномерную пропитку.

Покрывание пропитанного картона покрывальной массой. Операция покрывки картона мастикой происходит в покрывальной ванне при помощи двух отжимных валиков 6, разравнивающих мастику равномерно по всей поверхности картона. Нанесение мастики снизу производится нижним валиком, наполовину погруженным в мастику. Сверху мастика наливается на картон перед отжимным валиком или вручную или из специально установленного бачка. Валики находятся друг от друга на некотором расстоянии и не производят сильного вжатия на картон, так как в противном случае мастика будет снята с ленты. Во избежание прилипания мастики к валикам температура последних должна быть близка к температуре мастики (160—180°), для чего их обогревают паром так же, как отжимные вальцы в пропиточной ванне.

Весьма большое значение для длительности службы руберойда имеет количество пропиточной и покрывальной мастики, поглощенной им в процессе производства. В соответствии с этим соотношение веса всей пропиточной и покрывальной массы к весу сухого картона должно быть для № 1 не меньше 1,7, для № 2 — не меньше 1,9 и для № 3 — не меньше 2,0. После незначительного охлаждения руберойда производится посыпка его тальком, предотвращающим слипание руберойда при его скатывании в рулоны.

¹ Механизм ванны устроен таким образом, что валики приподнимаются над мастикой, что дает возможность произвести заправку картона.

Посыпка руберойда тальком. Тальковый опылитель 10 состоит из двух расположенных друг над другом бункеров (ящиков), заключенных в общий кожух, между которыми протягивается полотно руберойда. На дне бункера установлен вращающийся щеточный валок для осыпания талька сверху вниз или для подбрасывания талька снизу вверх. В некоторых случаях нижний бункер заменяется ручной посыпкой или пропуском полотна по столу, на котором насыпан тальк. Посыпанный тальком руберойд поступает для охлаждения в охлаждающий аппарат.

Охлаждение руберойда. Охлаждающий аппарат 11 состоит из четырех металлических цилиндров диаметром $\frac{3}{4}$ — 1 м, охлаждаемых изнутри водой. Цилиндры расположены попарно друг над другом, и полотно руберойда при прохождении огибает все четыре цилиндра.

Упаковка. Полотно руберойда проходит через ножи 12, после чего производится руление руберойда в рулоны на намоточном станке 13. Готовые рулоны поступают на упаковочный стол, где обертываются бумагой и оклеиваются этикеткой. На некоторых заводах снятые с наката рулоны устанавливаются стоймя на полдня для добавочного остывания, затем раскатываются на полу и вторично посыпаются тальком, лишь после чего рулятся для упаковки.

Свойства. Равномерность пропитки. Картон должен быть равномерно пропитан мягкой битумной смесью и покрыт ровным слоем твердой битумной смеси. В разрезе руберойда не должно быть светлых прослоек, указывающих на недостаточную пропитку.

Механические свойства. Согласно ОСТ 3037 при испытании на разрыв полоса руберойда, шириной в 50 мм, должна выдержать не менее:

| | |
|-----------|-------|
| для № 1 . | 40 кг |
| 2 . | 32 кг |
| 3 . | 24 кг |

Эластичность. Согласно ОСТ 3037 полоса руберойда должна выдерживать, не ломаясь и не давая сквозных трещин, навивание на круглый стержень диаметром в 20 мм, при 15—20°, после нагревания в воздушном шкафу в течение 7 час. при 70° и последующего охлаждения.

Размягчаемость покрывального слоя. При применении руберойда в качестве кровельного материала является чрезвычайно важной температура размягчения его покрывального слоя, проверяемая испытанием на вытекаемость из него битума при определенной температуре. Согласно ОСТ 3037 при нагревании образца руберойда, подвешенного вертикально, до 80° в течение 5 час. битум не должен из него вытекать.

Потеря в весе. Потеря в весе при нагревании свидетельствует о содержании легколетучих масел в пропиточном и покрывальном слоях. Так как слишком большое содержание этих масел всегда вредно сказывается на погодоустойчивости руберойда, то потеря в весе (устанавливаемая при испытании размягчаемости покрывального слоя) не должна быть более 0,5%.

Водонепроницаемость. Руберойд является материалом водонепроницаемым. Проникновение воды в руберойд может происходить лишь через тончайшие трещины в куске руберойда, являющиеся следствием механических повреждений покрывального слоя. Водонепроницаемость руберойда проверяется 15-суточным давлением столба воды высотой в 20 мм.

Применение. Руберойд применяется для покрытия новых кровель, старых железных кровель и в качестве изоляционного материала (гидроизоляция фундаментов, подвальных помещений, туннелей и т. д.).

Руберойдные кровли могут быть двухслойными (капитальное строительство) и однослойными (здания постоянного характера, но вспомогательного значения — склады, мастерские, жилые дома, вспомогательные помещения и т. д.). В первом случае кровли покрываются двумя слоями руберойда или же руберойдом по пергамину и толю (двухслойное комбинированное покрытие). Основание под руберойдное покрытие может быть бетонное, деревянная опалубка из брусков типа Л (см. „Толь“ и деревянная опалубка обыкновенного типа).

Руберойдные покрытия являются вполне устойчивыми против атмосферных влияний, не требуют периодического ремонта и относятся таким образом к высококачественным кровельным покрытиям.

Руберойд, подлежащий настилке, предварительно очищается от талка, наличие которого может ухудшить сцепление между руберойдом и клеемассой.

Окрашивать руберойд не требуется, но если началось разрушение покрывального слоя (что может произойти через несколько лет службы руберойда), рекомендуется окраска клеемассой. Хождение по руберойдной кровле может быть допущено только в мягкой обуви (сапоги должны обертываться тряпками, мешками и т. п.).

Двухслойное комбинированное покрытие. Нижний слой пергамина или толя приклеивается к основанию на горячей клеемассе (температура около 180°), начиная от низа ската крыши в направлении, параллельном карнизу. Верхний слой руберойда наклеивается также на клеемассе перпендикулярно коньку с примазкой швов руберойда клеемассой (как указано выше). Порядок наклейки пергамина и руберойда тот же, что и руберойда в два слоя.

Уклон крыши должен быть не менее 3° .

При покрытии деревянной опалубки обыкновенного типа возможно нижний слой пергамина (толя) при-

креплять на толевых гвоздях. В этом случае нижнее полотно пергамина раскатывается таким образом, что край его свешивается с края доски несколько больше (на 5—8 мм) толщины крайней доски опалубки. Край этот загибается на опалубку и прибивается к ней гвоздями. Порядок настилки следующих рядов пергамина таков же, что и при обыкновенном толевом покрытии.

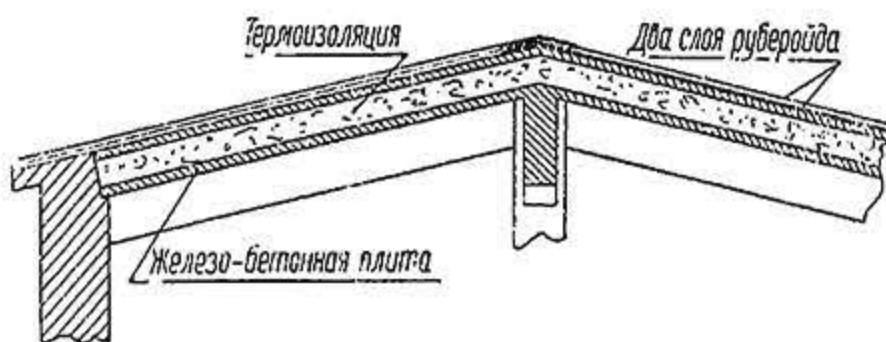
Работа должна производиться в сухую погоду и по сухой опалубке. Уклон крыши должен быть не менее 5° .

Однослойное покрытие. Покрытие руберойдом в один слой на клеемассе осуществляется таким же образом, как настил второго слоя при двухслойном руберойдном покрытии. При деревянном основании руберойд должен быть загнут на бок крайней доски низа ската опалубки и прибит к нему толевыми гвоздями.

Уклон крыши должен быть не менее 5° ; если уклон меньше (от 3 до 5°), то поверхность кровли должна быть сплошь окрашена горячей клеемассой, так как в противном случае возможно разрушение покрывального слоя от застывания воды.

При всех видах руберойдного покрытия по деревянной опалубке, последняя должна предварительно окрашиваться клеемассой.

Двухслойное покрытие руберойдом. Порядок настилки руберойдом и ухода за ним одинаков при всех видах оснований. При покрытии бетонной плиты настилке предшествует подготовка бетонного основания. При этом следует различать кровлю над теплыми и холодными помещениями. В первом случае (фиг. 169) по железобетонной плите укладывается термоизоляционный слой (на горячей клеемассе — 250°), покрываемый бетонной коркой толщиной в 50 мм. Поверхность корки делается под правило и гладко затирается цементным раствором (не слабее 1:3). После просушки бетонной корки последняя пок-



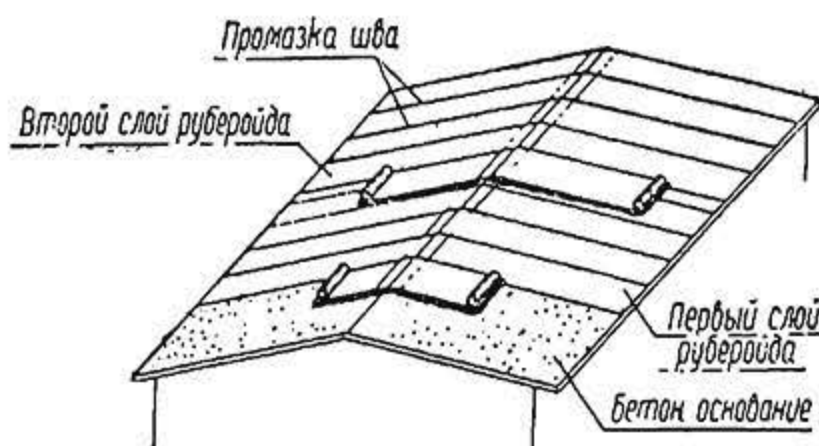
Фиг. 169. Двухслойное руберойдное покрытие по бетонному основанию, при наличии термоизоляционного слоя.

НТБ
ДНУЖТ

рывается горячей клеемассой, нагретой до 250° , препятствующей проникновению воды в теплоизоляционный слой.

При покрытии холодных помещений предварительная подготовка состоит лишь в оштукатурке железобетонной плиты (гладко под правило) цементным раствором не слабее 1:3 и очистке поверхности от мусора и пыли.

Довольно часто наблюдается отставание руберойда от поверхности вследствие неудовлетворительного сцепления клеемассы (гольцемента) с бетонной коркой. Это явление может быть объяснено рядом причин: неудовлетворительным выполнением работ, запыленностью корки, влажностью покрытия (после дождя) и т. д. Предупредить отставание руберойдного покрытия от бетонной корки можно двумя способами: или более высоким нагревом клеемассы с целью уменьшения ее вязкости и лучшего проникновения в поры бетона или предварительным покрытием бетонной корки раствором битума или смолы (в зависимости от того, что приме-



Фиг. 170. Двухслойное руберойдное покрытие на клеемассе по бетонному основанию.

няется в виде приклеивающего слоя — клеемасса или гольцемент) в легко испаряющемся растворителе (бензоле, бензине, сольвентнафте и т. д.). Первый способ является недостаточно надежным, так как клеемасса быстро остывает при соприкосновении с холодным бетоном. Помимо этого влага, имеющаяся в бетоне, при соприкосновении с горячей клеемассой испаряется и препятствует сцеплению, образуя паровую подушку.

При работе по второму способу клеемасса или гольцемент наносится на бетон после испарения растворителя. Растворы битумов (смол) следует готовить небольшой концентрации (от 25 до 35%), желательно непосредственно на месте работ. Смешение растворителя и битума производится в бочке, налитой неполностью и герметически закрытой¹.

По окончании подготовки основания (а при деревянных основаниях немедленно по их укладке) производится настилка руберойда; при этом оба слоя кладутся по скату крыши перпендикулярно коньку на горячей клеемассе (250°). Первый ряд руберойда покрывается последующими по всей длине руберойда на 50—60 мм. При наклейке второго слоя руберойда необходимо следить за перевязкой швов в обоих слоях; помимо этого швы второго слоя должны промазываться клеемассой на ширину около 50 мм (фиг. 170). Настилка руберойда производится в следующей очередности: первое полотно раскатывается от конька до края карниза (напуская около 150 мм за конек на другую сторону ската крыши) и после плотной приклейки (разглаживание и прижимание ногой) обрезается у края ножом. Второе полотно устанавливается против первого приклеенного полотна на другую сторону ската крыши и наклеивается таким же образом, как и первое полотно. Третье полотно наклеивается опять на первую сторону крыши. Четвертое полотно устанавливается и наклеивается также, как и третье, но на вторую сторону ската крыши и т. д. Наклейка второго слоя происходит таким же образом.

Наклейка руберойда должна производиться в сухую погоду и по сухой поверхности.

Уклон крыши, как сказано, должен быть не менее 5° .

¹ См. подробно „Строительная промышленность“ № 1 за 1932 г., ст. Н. В. Трубыникова.

НТБ
ДНУЖТ

ПЕРГАМИН

Определение. Пергамином называется изоляционный рулонный материал, изготавливаемый путем пропитки толевого картона нефтяными асфальтами или смесью из них¹.

Пергамин применяется для кровельных (плоская кровля) и изоляционных работ (см. „Гольцемент“).

Пергамин выпускается шириной полотна в 1 м и длиной в 30 м плотно свернутым в рулоны.

В зависимости от веса толевого картона пергамин изготавливается двух номеров: № 1 (вес 1 м² картона при стандартной влажности — 450 г) и № 2 (вес 1 м² картона — 350 г).

Свойства. Равномерность пропитки. Наружная поверхность пергамина должна иметь однородный цвет без пятен. Внутренний разрез его должен иметь также однородный цвет по всей толщине без каких-либо светлых прослоек, указывающих на недостаточность или неравномерность пропитки.

Механические свойства. Прочность пергамина обуславливается механической прочностью картона и тем укрепляющим действием, которое оказывает на картон пропиточная масса. Согласно ОСТ, при испытании пергамина на разрыв полоса в 50 мм должна выдерживать: для № 1 не менее 30 кг и для № 2 не менее 25 кг.

Эластичность. Пергамин как изоляционный материал должен обладать некоторой эластичностью, причем эту эластичность он не должен утрачивать после воздействия на него повышенной температуры в течение определенного периода времени. Поскольку эластичность пергамина обуславливается наличием в пропиточной массе летучих масел, а улетучивание последних идет особенно интенсивно лишь в первые часы нагревания, то ОСТ установлено то же испытание пергамина, что и для толя.

Потеря в весе при нагревании. Потеря в весе при нагревании характеризует устойчивость пропиточной массы по отношению к воздействию тепла. Последнее может проявляться, с одной стороны, в уменьшении эластичности материала, а с другой — в уменьшении его веса. Большая потеря в весе при нагревании указывает на наличие в пропиточной массе большего количества легких масел, что обуславливает неустойчивость ее против атмосферных влияний. Поэтому потеря в весе при нагревании не должна, согласно ОСТ превышать 1,25%.

Водонепроницаемость. Та или иная степень водонепроницаемости пергамина зависит от качества пропитки картона пропиточной массой и количества последней, усвоенной картоном. Согласно ОСТ пергамин должен быть водонепроницаем под давлением столба воды, высотой в 20 мм в продолжение не менее 15 суток для № 1 и 10 суток для № 2. Испытание на водонепроницаемость производится так же, как и кровельного толя.

Прочие технические условия, которым должен удовлетворять пергамин, методы его испытания и условия приемки приведены в ОСТ на пергамин.

ТОЛЬ-КОЖА (ИЗОЛЯЦИОННЫЙ ТОЛЬ, БЕСПЕСОЧНЫЙ ТОЛЬ)

Определение. Толь-кожей называется изоляционный рулонный материал, изготавливаемый путем пропитки толевого картона, композицией из каменноугольных дегтевых материалов. Поверхность толь-кожи должна быть насухо отжата.

¹ В этом и заключается отличие пергамина от толь-кожи, для изготовления которой применяются каменноугольные смолы.

Толь-кожа применяется для кровельных (плоская кровля) и изоляционных работ.

Толь-кожа выпускается шириной полотна в 1 м и длиной в 20 м в плотно свернутых кусках.

В зависимости от веса толевого картона толь-кожа изготавливается трех номеров: № 1 (вес 1 м² картона при стандартной влажности — 600 г), № 2 (вес 1 м² картона — 450 г) и № 3 (вес 1 м² картона — 350 г).

Свойства. Равномерность пропитки. Толь-кожа должна иметь однородный цвет, быть насухо отжатой и вполне пропитанной, т. е. при разрыве поперечный разрез не должен иметь не пропитанных прослоек.

Механические свойства (см. „Пергамин“). Согласно ОСТ при испытании толь-кожи на разрыв полоса шириной в 50 мм должна выдерживать: для № 1 не менее 30 кг, для № 2 не менее 25 кг и для № 3 не менее 20 кг.

Эластичность (см. „Пергамин“).

Потеря в весе при нагревании (см. „Пергамин“). Согласно ОСТ потеря в весе при нагревании не должна превышать 0,5%.

Водонепроницаемость (см. „Пергамин“). Согласно ОСТ толь-кожа должна быть водонепроницаема под давлением столба воды, высотой в 20 мм в продолжение не менее 10 суток для № 1, 8 суток для № 2 и 6 суток для № 3.

Прочие технические условия, которым должна удовлетворять толь-кожа, методы ее испытания и условия приемки приведены в ОСТ на изоляционный толь.

ГОЛЬЦЕМЕНТ

Определение. Гольцементом называется композиция из каменноугольных смол, масел и пека, подвергшаяся тем или иным способом частичному окислению или обработке серой.

По своему внешнему виду гольцемент представляет собой твердую, гладкую и блестящую массу

Гольцемент применяется при кровельных (плоская кровля) и изоляционных работах.

Гольцемент упаковывается в деревянные бочки весом брутто 200 — 250 кг.

Свойства. Содержание воды. Содержание воды в гольцементе понижает устойчивость его против низких температур и может вызвать разрушение массы. Поэтому в гольцементе не должно быть воды.

Содержание легколетучих фракций. При нагревании гольцемент из него удаляются легколетучие фракции. Повышенное содержание легколетучих фракций также вредно, как и вода. Поэтому оно нормируется тем, что при нагревании гольцемент до 70° в продолжение 7 час. потеря в весе не должна превышать 0,3%.

Механические свойства. Прочность гольцемент проверяется путем нанесения тонкого слоя гольцемент на кусок пергамин или толь-кожи и изгибанием полученного образца. При легких перегибах при температуре до +10° гольцемент не должен давать трещин, а при температуре до 20° — прилипать к пальцам рук.

Морозостойкость. Гольцемент, нанесенный тонким слоем на кусок пергамин или толь-кожи, не должен давать трещин при температуре до —20° в течение 6 час.

Температура размягчения. От гольцемент требуется известная минимальная температура размягчения. Требование это имеет большой практический интерес в том смысле, что гольцемент не должен размяг-

чаться настолько, чтобы ослаблялись его цементирующие свойства. Согласно ОСТ температура размягчения должна быть не ниже 45° (определение производится по методу Кремера-Сарнова). Эта сравнительно низкая температура размягчения вполне удовлетворяет строителей, так как гольцемент непосредственному действию солнечных лучей в обычных условиях своей работы не подвергается.

Прочие технические условия, которым должен удовлетворять гольцемент, методы его испытания и условия приемки приведены в ОСТ на гольцемент.

Применение. Гольцемент употребляется для устройства многослойных кровель на плоских или с малым уклоном ($0-3^{\circ}$) крышах фабрично-заводских и жилых зданий¹. Наиболее распространенным типом многослойного покрытия является четырехслойное: первый слой — пергамин или толь, второй и третий — бумага „геркулес“, проклеенная тремя слоями гольцемента, и сверху покраска четвертым слоем гольцемента. Основание под многослойное покрытие может быть бетонное и деревянное (опалубка из брусьев типа Т — тяжелый тип совершенно горизонтальной плоской крыши, доступной для использования: например устройство сада и т. п.)

Бетонное основание подготавливается так же, как и при руберойдном покрытии (см. „Руберойд“). Деревянное основание окрашивается клеем. Первый слой толя или двойного пергамина наклеивается на горячем гольцементе (при температуре около 180°) параллельно или перпендикулярно краю крыши, начиная от внутренних чугунных водосточных воронок². Соседние края нахлестывают на ранее приклеенные полотна на 50 мм. Полотна второго слоя („геркулес“) располагаются перпендикулярно полотнам первого слоя, начиная также от воронки. Третий слой наклеивается в таком же направлении, как и первый слой. По наклейке третьего слоя поверхность кровли окрашивается горячим гольцементом. При приклейке пергамина и бумаги необходимо следить за тщательным выравниванием (ногой или жесткой щеткой) могущих образоваться складок и пузырей (фиг. 171).



Фиг. 171. Покрытие плоской кровли пергамином по гольцементу.

Готовое покрытие сверху засыпается слоем песка толщиной в 30—40 мм и гравием 40—60 мм. Гравий возможно заменить дерном или бетонными плитами той же толщины. Покрытия должны выполняться в сухое время года.

Гольцементные кровли являются совершенно безопасными в пожарном отношении. Недостатком гольцементных кровель является трудность обнаружения действительных мест протекания, так как появляющаяся на потолках помещений вода может проходить через покрытие в десятках метров от дефектных мест.

¹ При наружной температуре свыше 35° гольцемент должен заменяться клеем.

² Возможно также устройство кровель без отвода воды — „крыши-ванны“.

ТЕРОКСИЛ.

(Кровельная фанера, толь-фанера).

Определение. Тероксидом называется сложный кровельный материал, предложенный проф. Д. Н. Алексеевым и представляющий собой соединение клееной фанеры и толевого картона, наклеенного на фанеру. Тероксид пропитывается смоловой композицией того же состава, что и кровельный толь. Водостойкость материала получается после пропитки картона, монолитно связанного с фанерой. Прочность материала обеспечивается наличием фанеры, помещающейся внутри картонтолевых рубашек и играющей как бы роль арматуры толя.

Сырье. Сырьем для производства тероксида являются клееная фанера, толевый картон и композиция каменноугольного дегтя и пека.

Фанера. Для изготовления тероксида может применяться 3—4-миллиметровая клееная фанера самых низших сортов любой породы древесины как лиственной, так и хвойной. Склеивание фанеры с картоном производится альбумином.

Картон. Для изготовления тероксида применяется толевый картон (ОСТ 798); в настоящее время ведутся работы по использованию для этой цели дешевых сортов картона, в особенности древесного.

Пропиточные вещества. Смесь для пропитки тероксида должна состоять из тех же материалов, как и в случае кровельного толя, т. е. из 50% каменноугольного дегтя и 50% каменноугольного пека.

Посыпочные материалы. В качестве посыпочного материала возможно применение песка, размолотых минеральных красок, измельченного кирпича и т. д. Песок должен быть предварительно подсушен и отсеян на сите от крупных камней, ракушек и т. д.

Производство. Производство тероксида складывается из следующих процессов: склеивания фанеры с картоном, пропитки картонофанеры в пропиточной массе и посыпки толевой фанеры песком или иными посыпочными материалами.

Склеивание фанеры с картоном происходит под обычным клеильным прессом, применяющимся в фанерном производстве, одновременно со склеиванием фанеры. Непропитанный толевый картон служит наружной рубашкой для фанеры и может наклеиваться либо с одной, либо с двух сторон. Давление в прессе составляет 14—20 кг/см² поверхности листа при температуре нагрева до 120°. После склеивания происходит высушка материала или воздушная или искусственная в специальных горячих сушилках, и обрезка фанеры по шаблону.

Пропитка полуфабриката происходит в специальных ваннах, наполненных смесью расплавленного пека и смолы. (см. „Толь“). Целью пропитки является придание водостойкости толевому картону (фанера не обладает достаточной водостойкостью и при намокании расслаивается). Листы погружаются в ванну на 10 мин. (105°), в течение которого срока происходит пропитывание картона на всю толщину до самой фанеры. Пропитанный материал поступает под горячие отжимные вальцы (90°) для отжатия избыточной массы.

Посыпка. Пропитанный лист, выходящий из отжимных вальцов, посыпается с одной стороны песком, затем переворачивается и посыпается с другой стороны. Если для посыпки применяется не песок, а более мягкий материал, то толевая фанера пропускается через холодные вальцы для впрессовывания посыпочного материала. Посыпанные листы относятся в сторону и складываются в штабели, где их оставляют в покое по крайней мере на 8 час. для лучшего сцепления песка со смолой. При складывании в штабели полезно листы пересыпать вторично песком.

Расход материалов на 1 м² тероксида составляет: 1 м² фанеры, 0,40 кг толевого картона, 0,65 кг пропиточной массы и 2,0 кг песка.

Свойства. Вес 1 м² тероксида при толщине фанерного листа в 3 мм весит около 5 кг и при толщине фанерного листа в 4 мм — около 6 кг (вес 1 м² кровли, включая обрешетку, — 15 кг).

Размеры тероксида соответствуют размерам фанерных листов.

Механические свойства. Временное сопротивление образцов тероксида растяжению при действии растягивающего усилия по направлению волокон двух наружных шпонов (слой фанеры) составляет, по данным ВИС, 1400 кг/см² и при действии в поперечном направлении — 640 кг/см².

Помимо этого прочность тероксида была испытана ходьбой пешеходов. Было пропущено 1500 пешеходов через щит из тероксида (четыре листа, прикрепленные толевыми гвоздями к подрамнику из брусков); при осмотре щита оказалось, что ни фанерные листы, ни изоляционный картонный слой никаких повреждений не имели.

Равным образом были получены удовлетворительные результаты при испытании сопротивления закрепленных краев фанерных листов действию сосредоточенного груза.

Водонепроницаемость. Тероксил водонепроницаем, что подтверждено следующим опытом: из тероксила был приготовлен резервуар для воды и в нем в течение 1½ мес. стояла вода, без малейших признаков утечки.

Огнестойкость. Кровля из тероксила более огнестойка, чем толевые покрытия. Это объясняется тем, что фанера в результате сильного прессования становится трудно воспламеняемой. Помимо этого необходимо учитывать, что благодаря незначительной теплопроводности тероксила строительные конструкции более защищены от наружного жара, чем например при железной кровле.

Кислотоупорность. Тероксил хорошо противостоит влиянию сернистых газов, содержащихся в каменноугольном дыме, благодаря чему может употребляться на заводских и железнодорожных сооружениях, в местах, где железо не может применяться.

Долговечность. В результате одновременного склеивания фанеры и картона получается чрезвычайно прочное соединение, обладающее большим сопротивлением износу, не повреждающееся при ходьбе и чистке снега и не разрушающееся при сильных порывах ветра (оторвать толевый слой от фанеры практически невозможно).

Удобство обработки. Тероксил режется обыкновенными кровельными ножницами, пилится пилой и прибивается обычными гвоздями.

Применение. Тероксильные кровли устанавливаются по обрешетке, состоящей из брусков или горбылей, причем последние надлежит укладывать плоской стороной вверх. Расстояние между осями брусков устанавливается, в зависимости от толщины их, от 0,4 до 0,5 м. Перекрытие стыков производится или внахлестку с напуском в 6—7 см (при небольших уклонах рекомендуется промазка клеемассой), или впритык (наиболее целесообразно). В последнем случае листы сдвигаются вплотную, щель засмаливается и сверху заклеивается при помощи клеемассы полоской толя около 8 см ширины. Швы желательно располагать над обрешетками, а при несовпадении с ними следует под листы подбивать планки из обрезков досок шириной около 8 см. Листы прикрепляются к обрешетке широкошапными толевыми гвоздями, длиной в 30¹—38 мм с расстоянием между гвоздями в 8 см.

Кровля из тероксила может применяться не только для обычных жилых зданий, но, ввиду возможности пользоваться небольшими уклонами, также и для перекрытия больших пролетов промышленных зданий, сооружений типа ангаров и т. д.

Уход за тероксильной кровлей таков же, что и за толевой. Периодический ремонт заключается в промазке толевым лаком с посыпкой песком.

Чрезвычайно ценным свойством тероксила является возможность переноса его на другое место с полным сохранением годности (целесообразность применения при устройстве временных сооружений: барачков, павильонов и т. п.).

Кровельная фанера пакуется в пачки по 25 листов, причем по бокам кладутся планки или обрезки тесин, и пачка затягивается пачечным железом или какой-либо другой обвязкой.

Экономика кровельных материалов.

Конкретная экономика кровельных материалов в конструкции до сих пор еще недостаточно выявлена, тем не менее возможно установить, что по размеру единовременных капиталовложений наиболее выгодным материалом является кровельное железо. Если же

¹ Впритык.

учесть стоимость текущего ремонта железной кровли и капитализировать его, то окажется что кровельное железо по сравнению с другими кровельными материалами даже столь ценными, как шифер и руберойд является наименее выгодным.

Ниже приводятся данные о расходе различных кровельных материалов на 1 м² горизонтальной проекции, расходе подсобных материалов и о весе различных кровель. Приводимых показатели позволяют в каждом отдельном случае произвести сравнение и отбор различные кровельных материалов, в зависимости от местных условий.

Таблица 71

Расход различных кровельных материалов на 1 м² горизонтальной проекции кровли

| Наименование материалов | Размеры | Расход на 1 м ² |
|-------------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1. Толь однослойный | 15 кв. м в рулоне | 0,08 рул. |
| 2. " двуслойный | " " " " " | 0,16 " |
| 3. Руберойд однослойный | 30 кв. м в рулоне | 0,056 |
| 4. " двуслойный | " " " " " | 0,012 " |
| 5. Тероксил | 1,35 кв. м листа | 0,80 листа |
| 6. Черепица глиняная | 38 × 42 см | 17 штук |
| 7. Кровельные сланцы | 15 × 20 см | 50 плиток |
| 8. Этернит | 40 × 40 см | 10 " |
| 9. Волнистый шифер | 1,60 × 1,10 м | 0,57 листа |
| 10. Кровельное железо | 10 фунтов | 5 кг |
| 11. Плоская кровля Т | — | Геркулес — 2,42 м ² |
| | — | Пергамин — 1,21 " |
| | — | Гольцемент — 10,75 " |
| | — | Клебемасса — 2,23 кг |
| 12. Плоская кровля Л | — | Пергамин — 1,21 м ² |
| | — | Клебемасса — 5,27 кг |
| | — | Руберойд — 1,21 м ² |

Таблица 72

Переводные коэффициенты кровельных материалов

| | Толевая односл. | Толев. двусл. | Руберойд односл. | Руберойд двусл. | Тероксил | Черепица | Кров. сланц. | Этернит | Волнистый шифер |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 100 кг кровельн железа могут быть заменены | 1,6 рулон разм. 15 м ² | 3,2 рулон разм. 15 м ² | 1,1 рулон разм. 15 м ² | 2,2 рулон разм. 15 м ² | 16 листов разм. 1,25 м | 340 штук разм. 38 × 42 см | 1000 плит. разм. 15 × 30 см | 200 плит. разм. 40 × 40 см | 11,4 листа размер, 1,60 × 1,0 см |

Таблица 73

Расход подсобных материалов (гвоздей, леса) на 1 м² кровли

| № | Наименование кровли | Гвоздей в кг | Леса в м ³ |
|---|----------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | Толевая однослойная и двуслойная | 0,29 | 0,051 |
| 2 | Руберойдная " | 0,29 | 0,051 |
| 3 | Тероксиловая " | 0,11 | 0,017 |
| 4 | Черепичная | 0,19 | 0,061 |
| 5 | Кровельно-сланцевая | 0,35 | 0,051 |
| 6 | Этернитовая | 0,22 | 0,051 |
| 7 | Волнисто-шиферная | 0,12 | 0,016 |
| 8 | Железная | 0,18 | 0,016 |
| 9 | Плоская Т и Л | 0,11 | 0,047 |

Таблица 4

Вес различных видов кровли

| № | Наименование кровли | Вес 1 м ² кровельных материалов в кг | Вес 1 м ² кровли с обрешеткой и опалубкой |
|---|-----------------------|--|---|
| 1 | Толевая | 3 | 36,5 |
| 2 | Руберойдная | 3 | 33,3 |
| 3 | Этернитовая | 8,5 | 35,0 |
| 4 | Тероксиловая | 6—7 | 15,2 |
| 5 | Черепичная | 35—45 | 75,42 |
| 6 | Кровельно-сланцевая | 15 | 43,4 |
| 7 | Железная | 5 | 15,1 ² |
| 8 | Плоская Т | 14 | 215 |
| 9 | Плоская Л | 8 | 74 |

¹ В том числе фанеры 0,0044 м³.² В том числе песка и гравия 0,8 м³.НТБ
ДНУЖТ

БИБЛИОГРАФИЯ

ВВОДНАЯ ГЛАВА

- Копелянский Г. Д. и Брегман Ф. Р., Техничко-экономическая эффективность новых стеновых материалов в конструкциях, М.-Л. Гос. научно-техническое издательство, 1931, стр. 28 (ВСНХ СССР, Труды Научно-исследовательского института промышленности, № 494, Институт сооружений, вып. 13).
- Некрасов В. П., инж., Материалы для стен и заполнений. Опыт предварительной оценки и определения сравнительной экономической выгодности старых и новых строительных материалов, М. 1930, 56 (Труды Института прикладной минералогии по строительному и техническому камню).
- Некрасов В. П., инж., Новые материалы и новые конструкции. Сообщение на курсах по капитальному строительству, М., ГНТИ, 1931.

Глава I

ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ

Известь воздушная

- Завриев Д. Х., проф., Об условиях гашения извести, „Строительные материалы“, 1932, № 2, стр. 25 — 27, № 8, стр. 17 — 19.
- Костырко Е. В., Известь и ее применение в строительных растворах и бетонах, Госстройиздат, 1933 г.

Гидравлические добавки

- Акотьян А. С., Арктический туф как гидравлическая добавка к цементу, „Строительные материалы“, 1931, № 7 (23), стр. 41 — 47.
- Александровский М. А., Определение активности гидравлических добавок, „Строительные материалы“, 1931, № 9 (25), стр. 3 — 8.
- Антоневич К., О гидравлических свойствах каолинистых глин, „Строительные материалы“, 1931, № 8 (24), стр. 14 — 30.
- Антоневич Н. К., инж., Гидравлические свойства каолинистых глин, М.-Л., Государственное научно-техническое издательство, 1931, стр. 111 (ВСНХ СССР, Труды научно-исследовательских институтов промышленности, Гос. исследовательский керамический институт, вып. 32).
- Бауэр В., О задачах и работах комиссии по добавкам, „Строительные материалы“, 1931, № 11, стр. 6 — 12.
- Герусов С. Я., Ленинградский диатомит, „Строительная промышленность“, 1928, № 11 — 12, стр. 774 — 775.
- Дорофеев И., инж., Влияние высокой температуры на свойства трепела, „Строительные материалы“, 1930, № 11 — 12 (15 — 16), стр. 128 — 131.
- Дружинин С. И., Трассы и диатомовые земли как добавки, „Строительные материалы“, 1930, № 6 (10), стр. 5 — 15.
- Ильин Б. В., Физические и физико-химические характеристики пуццоланических добавок, „Строительные материалы“, 1932, № 1, стр. 25 — 30.
- Ионов В., Трепел как строительный материал, „Строительные материалы“, 1930, № 6 (10), стр. 104 — 111.
- Замараев И., Применение диатомита к утеплению водопроводных труб, „Санитарная техника“, 1930, № 4 — 5, стр. 24 — 30.
- Кинд В. А., проф., Куроцапов М. С., инж., Гидравлические свойства кислых доменных шлаков (Труды комиссии по добавкам при НТС силикатной промышленности), „Строительные материалы“, 1932, № 3, стр. 14 — 18.

- Кинд В. А., Специальные цементы М.-Л., Научно-техническое издательство, 1932, стр. 94.
- Коган Л. С., инж., Ловозерский диатомит как гидравлическая добавка, „Бюллетень ЛОВИС“, 1932, № 27, стр. 1 — 18.
- Корепанов В. М., Мачинский Е., Гидравлические свойства нальчикского вулканического пепла, „Строительная промышленность“, 1930, № 8 — 9, стр. 610 — 612.
- Корольков С. А., Кольчугинский трепел в строительстве, „Вестник инженеров и техников“, 1932, № 2, стр. 105 — 106.
- Кривошлык, Переработка комового диатома в тесто (отмучивание), „Строитель“, 1932, № 15 — 16, стр. 40 — 44.
- Материалы по изучению трепела и диатомита в СССР, М. Издательство НТУ ВСНХ, 1929, стр. 82 (СССР НТУ ВСНХ, № 281, Труды Института прикладной минералогии и металлургии, вып. 42).
- Методы испытания кислых гидравлических добавок, М., Гостехиздат, 1931; стр. 24 (ВСНХ СССР, Союзстрой. Научно-технический совет силикатной промышленности, Комиссии по добавкам, вып. I).
- Михайлов М., химик, Прокаленная глина как гидравлическая добавка, „Строительные материалы“, 1932, № 3, стр. 20 — 23.
- Наказной В., Выгодность применения в строительстве комового трепела взамен молотого, ВИС, 1932, № 1, стр. 2 — 4.
- Обуховский Н., Трепельные разработки Средне-волжского края, „Строительные материалы“, 1930, № 11 — 12 (15 — 16), стр. 131 — 132.
- Сиверцев Г., Что такое активная кремнекислота, „Строительная промышленность“, 1928, № 6 — 7, стр. 417 — 418.
- Сиверцев Г. И., Новые методы испытания гидравлических добавок, „Строительные материалы“, сборник 1929, 11, стр. 21 — 23.
- Степанов А., Петров Ф., инж., Гидравлические свойства уральских кислых доменных шлаков (из работ Урал. института стройматериалов за 1930 и 1931 гг.).
- Тагамлик В. М., Нальчикский вулканический пепел и его применение в промышленности, „Строительные материалы“, 1931, № 5 (21), стр. 83 — 97.
- Торфяная зола, „Бюллетень ЛОВИС“, 1932, № 22.
- Хананов Я., Сушка трепела и диатомита, „Строительная промышленность“, 1930, № 10, стр. 749 — 752.
- Хананов Я. М., Диатомовые земли, М., изд. Инворт, 1932, стр. 36.
- Философов А. В., Влияние тонкости помола на активность трепела по отношению к извести, „Журнал прикладной химии“, 1931, IV, 5, стр. 637 — 639.
- Философов П. С. проф., Исследование трепельных и глинотрепельных пород, „Строительные материалы“, 1931, № 1 (17), стр. 85 — 93.
- Философов П., С. проф., Гидравлические добавки, „Строительная промышленность“, 1932, № 4, стр. 53 — 57.
- Библиография: 3 названия.
- Юдинсон П. И., Рациональные строительные материалы (кварциты, динас, диатомовый и трепельный кирпич, М.-Л., „Техника управления“, 1930, стр. 80 (Библиотека Всесоюзного общества рационализаторов строительства при НК РКИ СССР).

Известково-пуццолановые цементы

- Антоневич Н. К., Глинистый цемент, Основы производства, „Информ. сборник Научно-исследовательского института строительных материалов“, 1932, 11, стр. 3 — 28.
- Временная инструкция по лабораторному испытанию глины на пригодность для производства глинистого цемента, „Информ. сборник научно-исследовательского института строительных материалов“, 1932, II, стр. 40 — 42.
- Глебов С., Зола подмосковного угля как добавка к извести, „Строительные материалы“, 1930, № 6 (10), стр. 100 — 103.
- Гончар, Шубенкин, Технологические схемы по производству глинистого цемента, „Информ. сборник Научно-исследовательского института строительных материалов“, 1932, II, стр. 48 — 64.
- Грейман А. Б., Экономические перспективы глинистого цемента, „Информ. сборник Научно-исследовательского института строительных материалов“, 1932, № 1, стр. 15 — 16.
- Коган Л. С., Вяжущие свойства золы горючих сланцев Веймарнского месторождения, „Строительные материалы“, 1932, № 10, стр. 23 — 29.
- Розин А., О зольном цементе, „Строительная промышленность“, 1930, № 2, стр. 102 — 104, О сиштоффе и глинистом цементе, „Бюллетень ЛОВИС“, 1931, № 3.
- Савчук М. Н., проф., К вопросу об использовании сланцевой золы, „Бюллетень ЛОВИС“, 1931, № 10.
- Солодовников П., Известково-пуццолановый цемент из золы углей Подмосковного района, „Строительная промышленность“, 1928, № 2, стр. 89 — 91.
- Трушковский А. В., Зольный цемент, „Строительная промышленность“, 1929, № 3, стр. 202 — 205.
- Юнг В. Н., Основные данные для выбора схемы производства глинистого цемента, „Информ. сборник Научно-исследовательского института строительных материалов“, 1932, II, стр. 43 — 47.

Якобсон Т. М., О влиянии сроков и условий вылеживания готового глинист-цемента на его качества, „Информ. сборник Всесоюзного научно-исследовательского института строительных материалов минерального происхождения“, 1932, IV, стр. 27 — 39.

Гипсовые вяжущие вещества

- Будников П. П., проф., К вопросу о производстве эстрих-гипса, „Строительные материалы“ 1932, № 2, стр. 31 — 33.
Будников П. П., проф., и Лежоев В., Ангидритовый цемент, Харьков, Труды Украинского института силикатов, 1932.
Будников П. П., проф., Гипс, Л., изд. Академия наук СССР, 1933, стр. 266.

Легкие заполнители

- Алексеев М., инж., Использование шахтных отвалов Довбасса для производства стройматериалов, „Строительные материалы“, 1932, № 10, стр. 98.
Калмыков А., Шлак мусоросжигательной станции в Ленинграде, „Строитель“, 1933, № 2, стр. 7—9.
Кинд В. А. и Куроцапов М. С., Основные гранулированные доменные шлаки в строительных растворах, „Строительные материалы“, 1930.
Копелянский Г. Д., Применение пемзы в строительстве, „Строительная промышленность“, 1928, № 1, стр. 74—75.
Костырко Е. В. и Пшеницын П., Керамзит, „Строительные материалы“, 1931, № 2—3 (8—9), стр. 016—109.
Лагунов Г. Л., инж., Шлаки и золы для производства строительных материалов, „НОИС“, 1932, № 2—3, стр. 31—39.
Михайлов Р. М., проф. и Попов Н. А., инж., Минеральные заполнители легких бетонов, вып. I, М.-Л., „Стандартизация и рационализация“, 1932, стр. 127. (Всесоюзное общество рационализаторов строительства, Серия „Легкие бетоны“).
Мирошниченко И. П., Значение серы в доменных гранулированных шлаках, „Строительная промышленность“, 1930, № 5, стр. 399—402.
Мирошниченко И. П., Производство работ из доменных гранулированных шлаков, (проект „Технических условий“), „Строительная промышленность“, 1930, № 10, стр. 752—756.
Попов А. А., Скрамтаев Б. Г., Новые строительные материалы из доменного шлака, „Строительная промышленность“, 1931, № 2—3, стр. 84.
Попов Н. А., Щебень строительный пемзовый (ОСТ. 800), „Вестник стандартизации“, 1931, № 2 (26), стр. 41—46.
Пфуль Б. Е., Механическая обработка шлаков для теплых растворов и шлаковых камней, М.-Л., Госстройиздат, 1932, стр. 80.
Резников И. Н., инж.-техн., Пустая горная порода, перегоревшая в отвалах, — новый вид сырья для производства стенового материала, „Строительные материалы“ 1932, № 9, стр. 82—84.
Россинский, Временные технические условия на термозит из доменных шлаков, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 76—78.
Сафронов Г. С., Керамзит и технологические процессы его производства, „ВИС“, 1932, № 1, стр. 16—17.
Стрежневский М., Новый стройматериал из отбросов производства кровельных сланцев, „Строительные материалы“, 1931, № 7 (23), стр. 99—102.
Шестопап Н. М., Шлак как строительный материал, „Строитель“, 1932, № 4, стр. 46—50.
Хигерович М., Синтопорит, „НОИС“, 1932, № 4—5, стр. 64.
Шемелев П. П. и Гервидс И. А., Новый строительный и термоизоляционный материал, ВИСМИТ, Информ. сборник Научно-исследовательского института строительных материалов, 1932, № 1, стр. 5—8.

Глава II

РАСТВОРЫ

- Агрызков Н. А., Морозостойкость сложно-вяжущего вещества (известь плюс пемзовый отвал плюс цемент) (из работ ВИС), „НОИС“, 1932, № 4—5, стр. 34—39.
Алексеев Д., Влияние обработки паром на процесс твердения известково-диатомовых растворов, „Строительная промышленность“, 1930, № 5, стр. 395—396.
Брегман Ф., Экономика растворов, „Строительная промышленность“, 1932, № 9, стр. 12—17.
Глебов С. А., О строительных растворах, „Строительная промышленность“, 1928, № 3, стр. 160—164.
Кинд В. А., проф. Окороков С. Д., доц. Брук Э. Л., инж. и Куроцапов М. С., инж., Специальные свойства строительных растворов, Л.-М., Госстройиздат, 1933, стр. 56. (Ленинградский институт сооружений).
Корин И. Л., Шлаковый раствор и шлаковый цемент, „Строительная промышленность“,

- 1932, № 9, стр. 49. По поводу статьи проф. Гарман и инж. Чернявского, помещенной в № 10 того же журнала за 1931 г.
- Костырко Е. В. Известково-диатомовые растворы, „Строительная промышленность“, 1928, 6—7, стр. 412—414.
- Левтонов П. Н., Характер и особенности твердых известково-диатомовых растворов, „Сборник Центрально-научно-исследовательского института материалов НКПС“, 1931, № 13, стр. 5—25. Библиография, стр. 23—25.
- Мирошниченко И., О шлаковых растворах для кладки, „Строитель“; 1931, № 13, стр. 24—25.
- Рационализация растворов для кладки кирпичных стен, М., Мосстрой, 1930, стр. 24 (МСНХ, Мосстрой, Бюро рационализации).
- Бетон с добавкой слиттоффа, Сложные растворы, Л. 1931, стр. 57 (ВСНХ СССР, Союзстрой, Государственный научно-исследовательский институт бетонов, вып. 7).
- Теплые растворы, Временная инструкция по изготовлению и применению теплых растворов, изд. офиц., М., ВСНХ СССР, Союзстрой, ПТУ, Отдел реконструкции, 1930, стр. 17.
- Щлак в строительстве (1) Я. Зайцев, Использование заводских шлаков и отходов в строительстве; 2) М. Мирошниченко, Применение шлакового раствора для кладки), „Строительная промышленность“, 1929, № 12, стр. 1007—1010.

Глава III

СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Обжиговые материалы

- Вердеревский А. Д., Опыты применения трепельного кирпича на постройках в Самаре „Наше строительство“, 1930, № 11—12, стр. 479—482.
- Вопросы реконструкции строительства, сборник строительства по материалам опытной станции, Свердловск 1929, стр. 149 (Уральская областная опытная станция рационального строительства).
- Вутке О. А., О пористом кирпиче и проф. Мачинском (о статье: Мачинский, „Роль и значение пористого и пустотелого кирпича“, журнал „Строительные материалы“, 1930, № 7—8), „Строительные материалы“, 1931, № 1 (17), стр. 69—74.
- Копелянский Г. Д., О трепельном кирпиче, „Жилищная кооперация“, 1930, № 3.
- Копелянский Г. Д., Рентабельно ли производство трепельного кирпича на привозном трепеле, „Жилищная кооперация“, 1930, № 8—9.
- Карзов Г. Т. Из опытов по выработке изоляционного кирпича (завод № 13 на ст. Кудиново), „Строительные материалы“, 1930, № 11—12 (15—16), стр. 118—120.
- Кошурников М. Н., К вопросу о технологии трепельного кирпича, „Труды Государственного научно-исследовательского института строительных материалов минерального происхождения“, 1931, № 1, стр. 51—81.
- Лагунов Г., Легкий кирпич, „Строительные материалы“, 1930, № 9—10 (13—14), стр. 140—146.
- Лагунов Т., Эффективные стеновые материалы, „Строительные материалы“, 1931, № 6 (22), стр. 69—74.
- Лобачев, инж., Перспективы производства трепельного (диатомитового) термоизоляционного кирпича, „Строительные материалы“, 1932, № 9, стр. 97—99.
- Мачинский В. Пористый кирпич, „Строительная промышленность“, 1928, № 1, стр. 5—8.
- Еще о пористом кирпиче (О. Вутке, Влад. Некрасов, В. Мачинский), „Строительная промышленность“, 1928, № 4, стр. 254—258.
- Мачинский В., проф., Роль и значение пористого и пустотелого кирпича, „Строительные материалы“, 1930, № 7—8 (11—12), стр. 72—77.
- Мачинский В., О пористом кирпиче (на статью Вутке: О пористом кирпиче и проф. Мачинском в журнале „Строительные материалы“, 1931, № 12, стр. 101).
- Нохратян К. А., Сушка трепельного сырца, Отчет Кирпичстроя по опытам производства трепельного кирпича, „Строительные материалы“, 1931, № 1 (17), стр. 40—53.
- Нохратян К. А., По поводу статьи инж. М. Н. Кошурникова („К вопросу о технологии трепельного кирпича“ в об. № 1, „Труды ВИСМ“ Всесоюзного института строительных материалов за 1931 г.), „Строительные материалы“, 1931, № 12, стр. 97—100.
- Певзнер Р. Л., О некоторых интересных явлениях при испытании трепельного кирпича, „Стандартизация в строительстве“, 1931, № 8, стр. 46.
- Селиванов А., инж., О сухой прессовке трепела, „Строительные материалы“, 1932, № 5, стр. 91—94.
- Соловов В. М., Сухой способ производства трепельного кирпича, „Строительные материалы“, 1931, № 9 (25), стр. 102—114.
- Соловов В. М., инж., О сухом прессовании трепельного кирпича, „Строительные материалы“, 1932, № 8, стр. 66—67.
- Удальцов В. А. и Чибуновский Н. Л., Производство трепельного кирпича, „Строительные материалы“, 1931, № 1 (17), стр. 54—69.

- Ханапов Я. М., инж., О сухом способе производства трепельного кирпича, „Строительные материалы“, 1932, № 3, стр. 80—81.
- Ханапов Я. М., Термоизоляционный диатомовый кирпич, М., изд. Иннорса, 1932, стр. 16.
- Чибуновский Н. Г., Обжиг трепельного кирпича, Опыт работы Кирпичстроя в 1930 г. на Кучинском заводе, „Строительные материалы“, 1931, № 1 (17), стр. 54—69, № 4 (20), стр. 32—38.
- Эффективный кирпич, Временные технические условия на изготовление и применение в строительстве эффективного кирпича, Приложение к приказам ВСНХ СССР № 1669 от 16/VII 1930 г., № 1704 от 23/VII—1930 г., изд. офиц., ВСНХ СССР, Союзстрой, ПТУ, Отдел реконструкции, 1930, стр. 29.

Материалы, получаемые путем запарки под давлением

- Волженский А. В., инж., Запаривание силикатного кирпича, „Строительные материалы“, 1930, № 11—12 (15—16), стр. 122—128.
- Волженский А. В., инж., Физико-химические явления в процессе запаривания известково-силикатных стройматериалов, „Строительные материалы“, 1932, № 7, стр. 102—111. Опечатки отмечены в № 10 за 1932 г. журнала того же названия.
- Градищев Н. Е., Литые известково-песчаные камни, „Техника коллективному промышленному хозяйству“, 1932, № 1, стр. 24.
- Певзнер Э., Силикатные наливные камни, „Строительные материалы“, 1932, № 4, стр. 88—91.
- Смирнов Н. Н., проф., К микроструктуре силикатного кирпича, М., изд. НТО ВСНХ, 1926, стр. 18, (НТО ВСНХ № 158, Труды Государственного экспертного института силикатов, вып. 20).
- Суровцев В. В., Зильберман К. И., Производство литых известково-песчаных камней, „Строительные материалы“, 1932, № 2, стр. 98—101. Приложение. Инструкция к технологическому процессу производства литых крупноблочных изделий на Краснопресненском заводе.
- Чибуновский Н. Г., инж., О теплопроводности известково-песчаного (силикатного) кирпича, „Строительные материалы“, сборник 1929, 11, стр. 62—64.

Легкобетонные камни

- Александрин И. П. и Скрамтаев Б. Г., Теплый бетон, Л. 1931, стр. 48. (ВСНХ СССР, Союзстрой, Государственный научно-исследовательский институт бетонов, вып. 3).
- Ваценко А. С., Сборные дома из камней-блоков, „Строительная промышленность“, 1931, № 11—12, стр. 658—670.
- Вечер И. и Берг А., инж., Пустотелые блоки в Америке, „Строитель“, 1931, № 23—24, стр. 4—10.
- Вечер И. и Берг А., инж., Пустотелые блоки в Америке, „Строитель“, 1932, № 15—16, стр. 11—27. Настоящая статья описывает типы оборудования и планировки американских заводов блоков и является продолжением статьи, помещенной в журнале того же названия № 23—24 за 1931 г., в которой описывалась технология изготовления блоков.
- Вутке О. А., Шлакобетонные наружные стены (по результатам исследования на опытном жилстроительстве), при участии И. А. Камейко и Н. В. Баликова, М., Гостехиздат, 1930, стр. 4б. (Институт сооружений, сообщение 13 Жилищный строительный сектор, вып. 5).
- Гецель А., Термоблоки на основе халиловской опоки, „Строитель“, 1933, № 2, стр. 10—12.
- Гришин М. Е. и Аксенов Б. П., Стройматериалы силикат-органики, изготавливаемые в автоклавах, „НОИС“, 1932, № 1, стр. 8—12.
- Гришкова Н. П., Механические свойства пемзобетонов из кавказских пемз, „Минеральное сырье“, 1931, № 1, стр. 94—98.
- Домбровский М., Опокобетоны (в строительстве), „Строительство Москвы“, 1930, № 2, стр. 26—28.
- Егоров С., Результаты лабораторных испытаний бетонов: цемент—трепел—известь—шлак, „Строительная промышленность“, 1931, № 1, стр. 31—32.
- Золотницкий Н., инж., Силикат-органики в практике Госпромстроя, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 31—35.
- Зорин С. П. и Егизаров М. Е., Цементно-опилочный кирпич и бетон, „Хозяйство Башкирии“, 1931, № 3—4 (XXXVI—VII), стр. 52—59.
- Информационный сборник материалов по теплому бетону, М. 1931, изд. отдела рационализации Треста „Теплобетон“, № 5, стр. 209, № 2, стр. 297.
- Кинд В. А. и Чернышев В. О., Теплые бетоны на основе золы горючих сланцев Веймарнского района, „Бюллетень ЛОВИС“, 1931, № 18.
- Копелянский Г. Д., Пемзобетон, „Строительная промышленность“, 1928, № 4, стр. 251—254.
- Медков, инж., Зольно-шлаковые блоки, „Сельскохозяйственная постройка“, 1932, № 3, стр. 46.
- Мирошниченко М., Части зданий из шлакового бетона, „Строитель“, 1931, № 3, стр. 9—11.

- Мирошниченко М., Шлаковое строительство, „Строитель“, 1931, № 12, стр. 32—36, № 14, стр. 22—24.
- Михайлов Р. М., инж., Пемзовые строительные материалы, М. 1930, стр. 186 (Труды Института прикладной минералогии по строительному и техническому камню).
- Михайлов Р. М., проф. Попов Н. А., инж., Теплый бетон, под ред. В. Н. Егорова, ч. 2, М., изд. Центрожилсоюза, 1931.
- Петров Н. Н., инж., Новые строительные материалы в Ленинградской области, Пути развития производства и сравнительная эффективность, 1932, стр. 104 (Всесоюзный Институт сооружений, Ленинградское отделение, Сектор экономики строительства, Бюллетень № 26).
- Пономарев И., Шлакобетон при высокой температуре, „Строительная промышленность“, 1928, № 5, стр. 337—338.
- Попов Н. А., Проектирование монолитных стен из легких бетонов, М., Стройиздат, 1933.
- Попов Н. А. и Копелянский Г. Д., Основы технологии легкобетонных изделий, М., „Стройиздат“, 1933 (подготавливается к печати).
- Пороцкий и Саталкин, Пропаривание бетона, „Бюллетень ЛОВИС“, 1932, № 42.
- Проект завода термоблоков на основе сланцевой золы, „Бюллетень ЛОВИС“, 1931, № 19—20.
- Прохоров С. Л., инж., Дешевое бетонное строительство, Л., „Наука и школа“, 1927, стр. 78.
- Прохоров С. Л., Последние достижения в строительное из бетонитовых камней, „Современная архитектура“, 1928, № 2, стр. 49—60.
- Савчук М. Н., проф., Шемяков В. П., доц., Тюрин Е. В., Беспортландцементные бетоны из золы кашпирских (волжских) сланцев, „Бюллетень ЛОВИС“, 1932, № 24, стр. 1—27.
- Семенов С. А., Конструкции стен из теплобетонных камней, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 6—21.
- Соколовский В. В., инж., Шлакобетон в жилищном строительстве, Опыт строительства ленинградской жилищной кооперации, М., изд. Центрожилсоюза, 1931, стр. 111.
- Сорокер, инж., Пропаривание бетона, „Строительная промышленность“, 1932, № 9, стр. 25—27. Временная инструкция по обработке бетона и уходу за ним в целях получения ранней прочности путем пропаривания при нормальном давлении.
- Степанов В. Д., инж., Белинович М. С., Шлакобетонные камни на извести и диатоме (простейшие способы изготовления). Под ред. и с дополн. инж. Н. А. Попова, М.-Л., Госстройиздат, 1933, стр. 16 (Всесоюзный научно-исследовательский институт по проектированию организации производства строительных работ ГИПРООРГСТРОЙ НКТП СССР).
- Технические условия производства пустотелых бетонных и шлакобетонных камней и кладки стен из них, М. 1926 (Управление Моск. губ. инженера).
- Технические условия по производству и применению в строительстве теплобетонных камней, М. Гостехиздат, 1929, стр. 19 (Институт сооружений, Сообщение 1, сектор строительных материалов, вып. 1).
- Чернышев В. О., Пористый бетон, „Бюллетень ЛОВИС“, 1932, № 24, стр. 28—43.
- Чернышев В. О., Контрольные испытания термоблоков из каменноугольного шлака и золы горючих сланцев, взятых из отвалов на территории 4 ГЭС „Бюллетень ЛОВИС“, 1932, № 31, стр. 46—51.
- Честнов, Производство торфозольных бетонитовых камней, „Жилищная кооперация“, 1931, № 16—17, стр. 38—39.
- Шемяков В. П., доц., Зола кашпирских (волжских) сланцев как материал для производства бетона, „Строительные материалы“, 1932, № 5, стр. 46—54.
- Шемяков В. П., доц., Беспортландцементные теплые бетоны и кирпичи из сланцевой золы со сланцевым полукоксом, „Строительные материалы“, 1932, № 12, стр. 26—31.
- Щукин М., Кладка шлакобетонных камней (опыт работы немецких каменщиков в СССР), М.-Л., Госстройиздат, 1932, стр. 27.

Искусственно-пористые бетоны

- Биллиг, инж., Пенобетон, его производство и применение (по работам 4-го Госстройтреста в Ленинграде), „Строитель“, 1932, № 21, стр. 5—18.
- Брюшков А. А., Газо- и пенобетоны, М., „Техника управления“, 1930, стр. 40 (Библиотека Всесоюзного Общества рационализаторов строительства при НК РКИ СССР, № 4).
- Брюшков А. А., Газо- и пенобетоны (ячеистые бетоны), М. 1931, стр. 38 (Институт прикладной минералогии).
- Гиршинг Н. В. Ячеистый бетон как легкое заполнение стен и изоляционный материал, „Холодильное дело“, 1931, № 5—6, стр. 21—24.
- Искусственная строительная пемза — пенобетон (способ Шульца), Л., изд. Ленжилстройтреста, 1932.
- Кауфман Б. Н., инж. и Рубинштейн В. С., инж., Пенобетон и его применение в строительстве „Строительная промышленность“, 1933, № 1, стр. 40—42.
- Кравцов В., Пенобетон на практике, „Коммунальное и жилищное строительство“, 1932, № 4, стр. 36—39.

НТБ
ДНУЖТ

- О пенобетоне, „Строительная промышленность“, 1931, № 1, стр. 33—34.
 Пшеничников и Воскобойников, Отчет по исследованию пенобетонных, „Бюллетень ЛОВИС“, 1931, № 18.
 Фемер Л., Изготовление и применение аэрокретбетона, „Строительная промышленность“, 1930, № 8—9, стр. 612—615.
 Шаблыкин П., Газобетон, „Строительная промышленность“, 1928, № 4, стр. 250—251.

Неразмываемые глиняные изделия

- Брюшков А. А., Применение глины как стройматериала без обжига, „Русско-германский вестник науки и техники“, 1932, № 4 (26), стр. 56—58.
 Будников П. П., О получении глинисто-известкового кирпича, „Строительная промышленность“, 1928, № 11—12, стр. 773—774.
 Поляков и Меленевский, Кальцинирование глин, „Строительные материалы“, 1932, № 12, стр. 79—81, из работ Украинского научно-исследовательского института стройматериалов.
 Хигерович М. Использование отдушины для производства строительных материалов, „Строитель“, 1931, № 1, стр. 13—14.
 Хигерович М., Строительные материалы из сырьевых глин, импрегнированных торфяной смолой, „Торфяное дело“, 1931, № 6, стр. 12—16.
 Хигерович М. И. и Буянова В. Н. Изготовление волоустойчивых строительных материалов из прибалхашских глин (из физико-химической лаборатории ВИС), „ГОИС“, 1932, № 2—3, стр. 41—42.
 Хигерович М. и Ксирихи А. Неразмываемые сырьевые глины, под общ. ред. В. П. Некрасова, М.-Л., Гос. издательство строительной индустрии и судостроения, 1932, стр. 35 (ВСНХ СССР, Труды научно-исследовательских институтов промышленности, № 492, Институт сооружений, вып. 12).
 Шншкин А. А., Безобжиговые глиняные блоки и стены из них, „Строитель“, 1932, № 13, стр. 63—71.

Глава IV

ТЕРМОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Фибролитовые плиты

- Бубнов Н. И., инж., О материалах типа гераклит-фибролит, „Труды Всесоюзной конференции по стандартизации и производству новых строительных материалов“, М. 1932, стр. 70—82.
 Буткевич, Каустический доломит, „Бюллетень ЛОВИС“, 1932, № 43.
 Буткевич, инж., Каустический доломит и его применение, „Строительные материалы“, 1932, № 7, стр. 98—101.
 Горбушин Б. П., Завод силикатного фибролита при Козловском комбинате, „Строительные материалы“, 1932, № 2, стр. 83—87.
 Карачунский Б. И., инж.-технолог, Магнезит, его добыча, переработка, применение, М.-Л., „Промиздат“, 1926, стр. 80.
 Е. К. Фибролитовые стены зданий с внутренним деревянным каркасом, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 38—47.
 Колесников, Перспективы фибролита, „Строительные материалы“, 1931 № 1 (17), стр. 99—102.
 Курнаков Н. С. (и др.), Физико-химическое исследование магнезиальных цементов, авторы: Н. С. Курнаков, С. Ф. Жемчужный и В. А. Агеева, „ТПХ“, 1929, II, 6, стр. 651—661.
 Лапшин П., К вопросу применения фибролита, „Строительная промышленность“, 1931, № 1, стр. 9—13.
 Лапшин П., Магнезиальные цементы и производство фибролита, „Строительные материалы“, 1930, № 4 (8), стр. 28—333.
 Лапшин П., Приготовление растворов солей для магнезиальных цементов, „Строитель“, 1930, № 8, стр. 23—25.
 Лапшин П., Известково-трепельный фибролит, „Строительные материалы“, 1931, № 6 (22), стр. 94—100.
 Лапшин П. В., Магнолитовые полы. М.-Л., Государственное научно-техническое издательство, 1931, стр. 99 (ВСНХ, Союзстройматериалы, СССР).
 Лапшин П., Фибролит на извести и трепеле „ВИС“, 1932, № 1, стр. 4—7.
 Лапшин П. В., Основные данные по производству фибролитовых плит на магнезите, М.-Л. Государственное научно-техническое издательство, 1932, стр. 23 (Институт сооружений, Сообщение № 38).
 Либерман А., Каустический магнезит из доломита, „Строительные материалы“ 1931 № 4 (20), стр. 2—9.

НТБ
ДНУЖТ

- Михайлов Н. Н., Замена каустического магнезита полуобожженным доломитом, „Строительные материалы, 1932, № 8, стр. 51—55.
- Некрасов А. С., Строительный материал фибролит, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 48—51.
- Певзнер Г., О новых затворителях для фибролита, „Строительная промышленность“, 1931, № 4, стр. 199—200.
- Розов В., Фибролит-магнезиально стружечный материал, „Строительная промышленность“, 1929, № 4 и 5, стр. 298—304 и 391—393.
- Розов В., Дозировка хлористого магния в магнезиальных составах, „Строительная промышленность“, 1929, № 1, стр. 51—54.
- Розов В., Дозировка хлористого магния в магнезиальных составах, „Строительная промышленность“, 1928, № 6—7, стр. 461—462.
- Сушицкий Л. и Юфит И., Применение глинистого трепела Бакинского месторождения для производства известково-трепельного фибролита, „Экономика и культура Крыма“, 1932, № 6—7 (8—9), стр. 88—93.
- Швецов В. Н., Каустический магнезит, „Строительные материалы“, 1931, № 1 (17), стр. 80—85.
- Шелягин В. В., Магнезиальные цементы, „Минеральное сырье“, 1930, № 1.

Изделия из соломы и камыша и отходов с./х

- А. Le Solomite, „Строитель“, 1930, № 17,—18, стр. 12—14.
- Братчикова Е. И., Сравнение коэффициентов внутренней теплопроводности опилочного бетона, камышита и пробки, „Труды Северокавказского промышленного научно-исследовательского института“, 1929, № 67, стр. 35—39.
- Васильев Б., Морозин, „Строитель“, 1929, № 14, стр. 19—21.
- Виноградов С. Ф., Камышит и соломит как новый вид огнестойких материалов, „КОИЗ“, 1932, стр. 66.
- Н. Гаврилов, Ю. Кульбацкий, На какой материал стен должно ориентироваться сельскохозяйственное строительство в 1931 г., „Строительная промышленность“ 1930, № 10, стр. 797—803.
- Гаврилов Н., Каркасно-камышитовые и соломитовые постройки, М.-Л., Государственное издательство и колхозно-кооперативная лит-ра, 1931, стр. 39. (Популярная техническая библиотека по строительству в совхозах и колхозах под общ. ред. чл. коллегии НКЗ СССР И. Е. Коросташевского).
- Глебов, Постройка из соломы, „Строительство Москвы“, 1929, № 12, стр. 28—29.
- Гнутов В. И., Утепление бетонных перекрытий (соломитом), „Строитель“, 1930, № 5, стр. 12—13.
- Гогин Ф. А. Соломит и камышит, М.-Л. Государственное научно-техническое издательство, 1931, стр. 47.
- Дроздов П., Камышитовые конструкции в гражданском строительстве, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 55.
- Жежеро Б., Сохранение от грибов камышита и соломы, „Строительные материалы“, 1931, № 6 (22), стр. 126—127.
- Качурин Б. И., Об использовании камышитовых зарослей юго-востока СССР, „Строительная промышленность“, 1926 г., № 10.
- Качурин, Камышит, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 61—62.
- Конейкин С. И., Морозин, „Строительные материалы“, 1932, № 10, стр. 107—112.
- Куличков Н. Механизированный станок для соломы, „НОИС“, 1932 № 4—5, стр. 10—11.
- Кутасов Д., инж., Дорогу камышиту, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 62—64.
- Кутасов Д. М. Камышит-соломит, М., Стройиздат, 1933.
- Розов В. А., Строморганики, „Строитель“, 1932, № 13, стр. 38—42.
- Розов В. А., инж., Прессованные строительные материалы из органического сырья, „Труды Всесоюзной конференции по стандартизации и производству новых строительных материалов“, М. 1932, стр. 87—92.
- Рыкачев Н. В., Асбоцементные материалы и соломит в заграничном и советском производстве, „Строительные материалы“, 1930, № 4 (8), стр. 98—109.
- Соломит в строительстве, „Строитель“, 1931, № 11, стр. 44—45.
- Средне-Азиатский институт сооружений, Замена проволоки камышом при производстве камышита, „НОИС“, 1932, № 2—3, стр. 27—30.
- Струков, С., Каркасные кирпично-камышитовые стены, „Строительство Москвы“, 1930, № 5, стр. 29—30.
- Струков С., Соломитовые бараки на торфопереработке, „Строитель“ 1930, № 5, стр. 13—14.

Изделия из торфа

- Андреевский В. А., Торфофанера как строительный материал и ее место в ряду других торфоматериалов, „Строительная промышленность“, 1929, № 9, стр. 741—744.
- Андреевский В. А., О применении торфа в строительстве, „Русско-германский вестник науки и техники“, 1932, № 4 (26), стр. 59—63.
- Андреевский В. А. Строительные материалы из торфа, М.-Л., Государственное научно-техническое горное издательство, 1933, стр. 82.

- Длугоцкий Л. И., Торф в строительстве, Торфоизоляционные плиты, М., Издание НТУ ВСНХ СССР, 1929, стр. 57. Научно-исследовательский торфяной институт („Инсторф“).
- Длугоцкий Я. П. и Ремизов, Торфяные изоляционные плиты, М., Гориздат, 1933.
- Дюрибаум Н. С., Торфоизоляционные плиты, „Строительная промышленность“, 1929, № 9, стр. 738—741.
- Левит С. Т., Торфяная изоляционная плита, ее свойства и применение, „Строительная промышленность“ 1929, № 9, стр. 733—737.
- Левит С. Т., Торфяная изоляционная плита как элемент строительной конструкции, „Торфяное дело“, 1929, № 7—9, стр. 308—313.
- Тезиков С. В., Изготовление торфяных изоляционных плит по способу Инсторфа, „Торфяное дело“, 1929, № 12, стр. 497—504.
- Тезиков С. В., Влияние обработки материала на влагоемкость и некоторые другие свойства торфяных изоляционных плит, „Торфяное дело“, 1929, № 10—11, стр. 421—427.
- Федоров Н., Торфяная засыпка (Заготовка кустарным способом и применение в строительстве); „Строитель“, 1931, № 4, стр. 29—32.
- Фроликов Д. А., Возможность применения торф-сфагнома в строительстве, „Строитель“, 1932, № 11—12, стр. 65—67.
- Шевалдышев П. Н., Торфяные плиты как изоляционный материал для холодильных сооружений, „Холодильное дело“, 1931, № 1, стр. 28—30.
- Цайнер, „Торфяная подстилка“, 1928 г.

Глава V

ПЕРЕГОРОДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Анисимов Л. С. Гипсолитовые плиты (алебастровые доски), их отливка и установка, под ред. инж. П. В. Прейса, М.-Л., Госиздат, 1929, стр. 44 („За рабочим станком“).
- Ильин М. И., Данные применения перегородок „Диферент“ в строительстве Мосстроя, „Строительная промышленность“, 1930, № 1, стр. 45—47.
- Кардо-Сысоев В., Шлакобетонопилочные перегородки, „Строитель“, 1929, № 17, стр. 6—9.
- Кардо-Сысоев В., Еще о плитах „Диферент“, „Строительная промышленность“, 1930, № 1, стр. 44.
- Кардо-Сысоев В., Алебастровые (гипсолитовые) перегородки, „Строитель“, 1930, № 5, стр. 3—6; № 6, стр. 3—6; № 7 стр. 2—4; № 9, стр. 3—6.
- Кардо-Сысоев В., Алебастровые накаты, „Строитель“, 1930, № 10, стр. 6—10.
- Копелянский, Г. Д. Гипсолитовые плиты, „Строительные материалы“, сборник IV, стр. 101—104.
- Костырко Е. В., Гипс и его применение в строительстве, М., Гостехиздат, 1930, стр. 20. (Институт сооружений, Сообщение 10, Сектор строительных материалов, вып. 4).
- Мирошниченко М. П. Перегородки из шлаковых плит, „Строительная промышленность“, 1931, № 5, стр. 249—252.
- Некрасов К. Тонкие алебастровые плиты, „Листовой алебастр“, „Строитель“, 1931, № 13, стр. 25—27, из работ лаборатории строительных материалов Института сооружений.
- Нечаев П. Диферент на утепление наружных стен, „Строитель“, 1931, № 7, стр. 45.
- Смирнов В., О сопряжении алебастровых плит с деревянными балками, „Строитель“, 1930, № 19—20, стр. 52.
- Чесноков Ф. А., Местные вяжущие материалы и гипсолиты, „Материалы института промышленных изысканий при Архангельском гублсполкоме“ 1929, VIII, стр. 1—29.

Глава VI

КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Алексеев Д. Н., проф., Кровельная фанера-тероксил, ОНТИ, Стройиздат, 1932, стр. 51 (Библиотека рабочего строителя).
- Бутятин Ю. П., Кровельная проблема в государственном строительстве, „Строительная промышленность“, 1931, № 1, стр. 38—39.
- Бучнев В. К., Опытная добыча кровельных сланцев в Криворожском районе, „Минеральное сырье“, 1930, № 10, стр. 1367—1392.
- Воробьев В. А., Гольццемент, „Строительные материалы“, 1931, № 10, стр. 46—49.
- Воробьев В. А., Строительный изоляционный картон пергамин „Строительные материалы“, 1931, № 10, стр. 120—123.
- Воробьев В. А., Толь-кожа — изоляционный толь, „Строительные материалы“, 1932, № 4, стр. 84—87.
- Воробьев В. А., Толевый лак, „Строительные материалы“, 1932, № 5, стр. 86—90.
- Воробьев В. А., инж., Кровельный толь и руберойд, ч. 2, М.-Л. Госстройиздат, 1932, стр. 91.
- Воробьев В. А., инж., Битуминозные кровельные материалы, М.-Л., Госстройиздат, 1932, стр. 279.
- Головин Г. Г., инж., Устройство толевых и гольццементных кровель, М. ОГИЗ, Гострансиздат, 1931, стр. 40 (Центральный научно-исследовательский институт материалов НКПС).

- Гурари М. и Судницын И., Асбошиферное производство, „Строительные материалы“, 1930 № 1 (5), стр. 65-68.
- Две заметки о сланцах, А. П. Канделаки и Г. Дерикогма, „Строительная промышленность“ 1930, № 8-9, стр. 608-610.
- Естественный кровельный шифер (М. Койфман, Н. Усков), „Строительная промышленность“, 1928, № 10, стр. 675-679.
- Жуковский М. О., инж.-технолог, Толь, руберойд и другие рулонные кровельно-изоляционные материалы, Свойства, производство и применение, М.-Л., Госстройиздат, 1932, стр. 115. (Библиотека десятника строителя).
- Канделаки А. П., инж., Естественные строительные сланцы (кровельные и др.) Тифлис 1929, стр. 355 (ВСНХ СССР Грузии).
- Канделаки А. П., Промышленность кровельных сланцев Закавказья, „Строительные материалы“, 1930, № 9-10 (13-14), стр. 201-204.
- Койфман М. И., Кровельные сланцы в Закавказьи (оттиск из № 10--1929, журнала „Минеральное сырье и цветные металлы“, М., Гостехиздат, 1929, стр. 21).
- Козлов В. П., Эгернитовая кровля, „Строительная промышленность“, 1931, № 1, стр. 39-43; № 2-3, стр. 118-122.
- Копелянский Г. Д., Проблема кровли, „Жилищная кооперация“, 1929, № 2.
- Рохва М. Л. и Хухунвайшвили И. М., Кахетинские кровельные сланцы, „Труды Всесоюзного научно-исследовательского института стройматериалов минерального происхождения“, 1932, № 7, стр. 42-62.
- Руководство к покрытию террофазеритом, М. 1918, стр. 24. Госзаводы огнестойких материалов и противопожарных оборудований, завод искусственного шифера „Террофазерит“).
- Руководство по производству кровельных работ из кровельного сланца и по применению рулонных материалов, составлено гостроительной копторой „Кровлестрой“, М. 1932, стр. 64 (ВСНХ РСФСР, Росстрой, Сектор рационализации и реконструкции).
- Скобозев В., Кровельный и строительный сланец, „Строитель“, 1931, № 3 стр. 5; № 12, стр. 26-31.
- Суханов В., Кровли из асбоцементной черепицы в сельскохозяйственном строительстве, „Строитель“, 1932, № 13, стр. 5-14.
- Трубников Н., инж., Битумно-кровельные и гидроизоляционные материалы, „Строительные материалы“, 1932, № 11, стр. 107-108.
- Ушаков В. В., Волнистый шифер и способы покрытия им крыш, М.-Л. Государственное научно-техническое издательство, 1931 стр. 20 (Стройобъединение).
- Щекин П. А., Гольцементные покрытия кровель, „Строитель“, 1929, № 3, стр. 15-18.
- Черноусов С. Н., К ремонту железных крыш толем и руберойдом, „Строительная промышленность“, 1931, № 1, стр. 44.
- Эвальд В. В., проф. и Ваганов Н. П., инж., Асбоцементное производство (искусственный шифер), М.-Л., Гостехиздат, 1931, стр. 128. (Союзстройматериалы ВСНХ СССР).
- Применения строительных материалов в конструкциях, „Строительная индустрия“ т. VI и VII. „Части зданий“ под ред. инж Дюрнбаум Н. С.



Ответственный редактор *М. Е. Гришин*. Техн. редактор *Н. С. Остриров* и *В. В. Симакова*.
Сдано в набор 25/III 1933 г. Подписано к печати 15/VIII 1933 г.
Формат бумаги 72×110. Госстройиздат № 274. Индекс С—13—5—2. Печатн. л. 21¹/₄.
Ленгорлит № 19260. Тираж 15000. Тип. зн. в 1 п. л. 65136. Заказ № 731.

НТБ
ДНУЖТ

Цена 5 р. 25 к. перепл. 75 к.

С 13-5-2

Сканировала: Хилюта В.П.

НТБ
ДНУЖТ