

8040 691.55
П46 СССР
НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ГИПРОАВИАПРОМ

БЮРО ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Доктор техн. наук

Проф. А. Г. ПАНЮТИН

**ПРИМЕНЕНИЕ
СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА
В КОНСТРУКЦИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ
И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

ГОРЬКИЙ 1943 г.

П 16 СССР
НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ГИПРОАВИАПРОМ

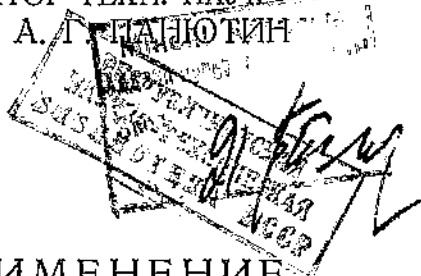
Д Е П

Д Е П

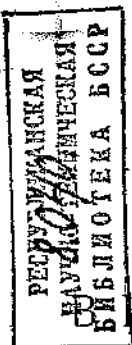
БЮРО ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

АПР. 1957

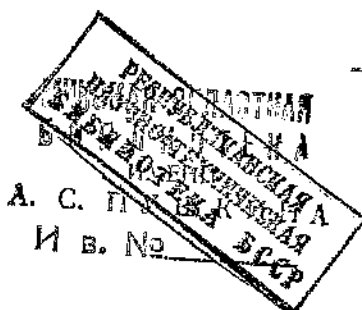
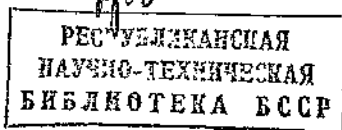
ДОКТОР ТЕХН. НАУК
проф. А. Г. ПАЛЮТИН



ПРИМЕНЕНИЕ
СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА
В КОНСТРУКЦИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ
И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ



602109



ГОРЬКИЙ 1943 г.

Отв. редактор канд. техн. наук *П. Б. Горбушин.*

Подписано к набору 5/IV—43 г. Подписано к печати 10/XI 1943 г. Печ. 10 л.
Печ. знаков в листе 47200. Тираж 2000 экз. МЦ 21296. Заказ № 4417.

Полиграф, г. Горький.

Бюро организации строительного производства Гипроавиапрома уделяет в своих работах значительное внимание вопросам использования гипса в строительстве, применяемого в последнее время не только для отделочных работ, но и для изготовления основных конструктивных элементов зданий. Помимо опубликованной в 1942 году временной инструкции по изготовлению и применению гипсовых и гипсобетонных мелких стеновых блоков изданы проекты установок и заводов по производству эстрих-гипса, варочного и высокопрочного (демпферного) гипса.

В № 4 сборника технических материалов по строительству, монтажу и проектированию заводов НКАП опубликованы положительные результаты первых опытов по применению гипсовых покрытий, подготовлены к печати данные о месторождениях в СССР гипсового камня, решаются вопросы рациональных методов организации и механизации работ при строительстве из гипсовых элементов.

За исключением нескольких журнальных статей почти нет напечатанных работ, освещающих с определенной полнотой опыты гипсового строительства в СССР.

Выпуская настоящую работу доктора технических наук профессора А. Г. Панютина, Бюро Организации строительного производства восполняет существенный пробел по освещению вопросов применения строительного гипса в ограждающих конструкциях зданий и ставит перед собою задачу систематического опубликования других вопросов гипсового строительства в целом.

Просмотр работы выполнен сотрудниками Бюро ОСП доц. А. В. Волженским и кандид. техн. наук А. М. Кузнецовым.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для широкого развития скоростных методов строительства промышленных, жилых и общественных зданий необходимо создать такие конструктивные элементы, которые могут быть легко и быстро изготовлены из местных материалов и которые дают возможность строить с наибольшей эффективностью.

Гипсовые элементы зданий полностью удовлетворяют этим основным строительным требованиям, ибо для многих районов нашего Союза, богатых залежами алебастрового камня, постройки из гипсовых материалов будут неизмеримо более экономичными, чем здания из кирпича, а в отдельных случаях и из дерева.

До настоящего времени гипсовые материалы имеют у нас в Союзе значительное применение лишь в штукатурных и лепных работах для внутренней отделки помещений и в виде готовых плит и блоков для переборок и вентиляционных коробов. Однако, гипсовые изделия, в силу ряда положительных показателей, должны найти себе самое широкое применение не только для внутренних, но и для наружных ограждений зданий, для армированных элементов перекрытий и кровельных покрытий, для защиты металлических конструкций от влияния огня. Не подлежит сомнению и широкая возможность использования гипсовых вяжущих для растворов при кладке и штукатурке каменных стен.

Получение для промышленных, жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий дешевых и в то же время огнестойких элементов на базе районных вяжущих и заполнителей полностью соответствует установкам Партии и Правительства о мероприятиях по использованию местных ресурсов и по экономии цемента.

РАЗДЕЛ I

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА I

ЗНАЧЕНИЕ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ СССР

Для многих районов нашего Союза широкое применение конструктивных элементов зданий из гипса является экономически оправданным и технически целесообразным, ибо масштаб развития промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства в нашем Союзе за последние десятилетия властно диктует нам необходимость изыскания новых ресурсов, новых материалов и конструкций. Если гипс нельзя отнести к новым материалам, так как его применение в штукатурке, в растворах и в архитектурных орнаментах известно еще с древних времен, то широкое использование этого материала в конструктивных элементах зданий — в качестве стеновых блоков, накатов перекрытий и в перегородках — не получило еще должного развития.

Основная причина этого положения кроется, несомненно, в недостаточной изученности физико-механических и физико-химических свойств этого ценнейшего материала, в небольшом количестве научных исследований в области построения элементов зданий из гипса. Эти вопросы совершенно недостаточно освещены в нашей литературе, а некоторые показатели, сообщаемые отдельными авторами, дезориентируют строителей, прививая неправильные, технически неоправданные взгляды на природу и свойства гипсовых изделий. Достаточно сослаться на ряд показательных примеров: веками установилось мнение о непригодности гипсовых материалов в качестве наружных ограждающих элементов зданий, на невозможность применения гипсовых (алебастровых) растворов в швах каменной кладки и т. д., и т. п.¹

В вопросах влияния влаги на гипсовые изделия существуют консервативные взгляды, основанные на недостаточном количестве лабораторных исследований, на отсутствии производственного опыта.

Температурно-влажностный, санитарно-гигиенический режим помещений в построенных уже зданиях из гипсовых блоков не изучен, нет литературных данных, освещающих этот основной вопрос нового строительства.

Следует подчеркнуть, что гипсовые материалы таят в себе огромные возможности для широкого развития скоростных методов строительства, ибо позволяют в короткие сроки создавать сложные и в то же время высокохудожественные элементы зданий. По сравнению с бетонными и железобетонными, гипсовые элементы зданий обладают небольшим объемным весом и высокими теплоизоляционными свойствами, в 4 раза превосходящими соответствующие показатели бетона. По сравнению с деревом гипсовые материалы обладают весьма ценным свойством огнеустойчивости, позволяющим применять их для защиты стальных конструкций от влияния огня. Гипсовые строительные детали заменяют древесину, что для многих районов Советского Союза, где древесина является привозным материалом, имеет существенное значение.

Бесспорные преимущества гипса, помимо указанных выше, заключаются в его легкой обрабатываемости, малой звукопроводности, возможности легко механизировать технологические процессы при изготовлении из него изделий и простой отливкой получать крупные элементы. В то же время улучшением помола и применением более совершенной технологии (вибрация, прессование) можно значительно повысить механическую прочность изделий и их водоустойчивость.

Только сейчас уточняются высокие теплоизоляционные и огнезащитные свойства гипсовых материалов, проверяются водостойкие и высокопрочные гипсы, ставятся вопросы создания пено- и газогипсов, проектируются армированные гипсовые элементы зданий.

В нашей стране, обладающей огромными запасами гипсового камня, перспективы внедрения гипсовых элементов в промышленное, сельскохозяйственное и жилищное строительство имеют исключительное народнохозяйственное значение. Само собою разумеется, что применение новых видов гипсовых изделий потребует значительного увеличения добычи алебастрового камня, хорошо развитого и механизированного карьерного хозяйства. Эта задача легко может быть осуществлена у нас в Союзе, ибо социалистическая форма ведения народного хозяйства дает возможность легко планировать любое производство.

Вопрос о сырьевой базе для очень многих районов нашего Союза не вызывает сомнений. В СССР большие залегаания гипса встречаются в районе Архангельска, в Горьковской области, в Татарской Республике, в районе Средней Волги, в Башкирии, на Урале, на Северном Кавказе, в Доубассе, в Средней Азии и в Сибири.

Литературные источники позволяют нам сообщить некоторые дополнительные сведения об отдельных месторождениях алебастрового камня и путях его использования. Так, на базе местных залегааний гипса в г. Сталиногорске, Тульской области, строится мощный гипсовый комбинат. Разведаны большие залежи гипса у гор. Порхова в Ленинградской области, миллионными тоннами определяются запасы алебастрового камня Куйбышев-

ского района (Ширяево, Красная глина, Серная гора и др.) В Артемовске, Никитовке и Каменец-Подольске имеются огромные залегаания гипсов.

В западных областях УССР наиболее актуальными являются разработки гипса в районе Галича, где толща камня достигает мощности в несколько десятков метров при небольшой высоте вскрыши.

Восточнее реки Волги имеются большие залежи гипса в районе Уфы, в Оренбургской и Актюбинской областях, в Калмыцкой АССР, в Туркменской и Таджикской ССР. Гипсы Таджикистана (Гиссарский район, хребет Табакчи и др.) подробно изучены в 1936—1939 гг. аналитической лабораторией научно-исследовательского института местных строительных материалов с целью промышленного их использования.

По данным консультационного бюро по скоростному строительству, Татарская АССР и, в частности, гор. Казань, имеет все возможности для развития промышленности гипсовых материалов.

Сообщают о наличии в 18 км от гор. Джалал-Абад (Киргизская ССР) богатых гипсовых залегааний, расположенных в непосредственной близости от базы топлива. Здесь намечено построить завод для выработки высококачественного гипса и гипсолитовый завод по изготовлению стеновых и перегородочных блоков, кровельных плит и отделочных материалов.

Закончена детальная разведка Тыреть-Балаганского гипсового месторождения (Восточная Сибирь), где промышленные запасы определяются в 9 миллионов тонн алебастрового камня. В частности у разъезда Делор открыты крупные гипсовые карьеры, расположенные у линии железной дороги. В 1941 году здесь намечалась постройка алебастрового завода производительностью 100 тысяч тонн гипса в год.

Помимо крупных месторождений гипса, разрабатываемых для широко-развитого промышленного использования, по всему Союзу имеются более мелкие карьеры, предназначенные для удовлетворения местных, районных потребностей. Словом, мы обладаем безграничными запасами сырья, и с этой стороны нет препятствий к широкому внедрению в гражданское и промышленное строительство новых изделий из гипса:

С исчерпывающей наглядностью это общее положение можно подтвердить на примере Горьковской области. Так, проф. Н. М. Романов в своей работе „Месторождения гипса в Горьковском крае“ (изд. 1935 г.) пишет: „Мы приходим к заключению, что область распространения гипсов (алебастра и ангидрита) в Горьковском крае огромна и потенциальные запасы этого полезного ископаемого настолько велики, что мы их можем считать практически неисчерпаемыми и, следовательно, способными покрыть запросы промышленности в любом масштабе“.

В Геолого-разведочном очерке С. А. Никольский пишет: „Разработка гипсовых залегааний пермской системы Горьковской области имеет большое практическое значение не только для

Горьковской, но, при соответствующих размерах эксплуатации, и для Московской и Ивановской областей" и далее: "Запасы отдельных месторождений определяются миллионами, десятками и сотнями миллионов тонн, т. е. являются практически неисчерпаемыми".

Следует подчеркнуть, что по масштабу гипсовых разработок, по характеру залегания слоев алебастрового камня, по состоянию механовооруженности карьеров и удобству транспортировки сырья Горьковская область не является ведущей. Значительно лучше подготовлены карьеры Донбасса, Западной Украины и Архангельска, где запасы гипсовых отложений находятся в более благоприятных условиях залегания, облегчая промышленную их разработку и удешевляя стоимость единицы продукции.

Уже этих, далеко не полных данных достаточно, чтобы считать бесспорным вопрос о наличии широкой сырьевой базы для очень многих районов нашего Союза. Таким образом, максимальное применение в зданиях гипсовых деталей будет иметь огромное влияние на экономику народного хозяйства страны. Это значение на первых этапах развития гипсовых сооружений даст особенно ощутимые результаты в сельскохозяйственном строительстве, где возведение огнестойких жилых, служебных и производственных зданий возможно только на базе местного сырья. Пример Горьковской области, где за короткий срок построены из гипсовых блоков десятки жилых, промышленных и вспомогательных зданий, наглядно подтверждает это положение. Для многих районов это—наиболее короткий и эффективный путь создания огнестойкой колхозной деревни.

В то же время для массового жилищного и промышленного строительства в городах все предпосылки, как это указывается ниже, характеризуют экономическую целесообразность широкого применения гипсовых конструктивных элементов при возведении зданий.

ГЛАВА 2

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Характеристика гипса. Гипсовый камень для производства штукатурного и формовочного гипса представляет, как известно, породу, состоящую, главным образом, из двуводного сернокислого кальция и отвечающую формуле $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Двугидрат является самым распространенным минералом в природе из группы сульфатов.

Химически чистый гипс состоит из 32,56% CaO , 45,51% SO_3 и 20,93% H_2O . Твердость его 2; удельный вес 2,2—2,4. Порода нередко содержит различные примеси—песок, глину, колчедан и др., придающие гипсу различную окраску и понижающие технические свойства изготавливаемых из него гипсовых вяжущих.

При нагревании двуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ от 107° до 170° большая часть воды теряется, образуя так называемый полуводный гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. После размола такой продукт, содержащий в главной своей массе полугидрат, получает название строительного гипса.

Полугидрат при смешивании с водой быстро схватывается и вновь переходит в двугидрат с повышением температуры и увеличением в объеме до 1%.

Физико-химические и физико-механические процессы, происходящие в гипсовых вяжущих материалах после их затворения, нельзя считать установленными. Однако, по общепринятой теории твердения, предложенной академиком А. А. Байковым, устанавливается следующая характеристика процессов схватывания и твердения гипса.

Первый период взаимодействия гипса, затворенного с водой, заключается в очень кратковременной стадии образования насыщенного раствора полуводного гипса, в которой происходит быстро протекающая гидратация, т. е. переход с присоединением воды полуводного гипса в двуводный. В этот период двуводный гипс выделяется в коллоидно-дисперсном состоянии наряду с мельчайшими, постепенно растущими кристаллами.

Второй период характеризуется все большей и большей потерей тестом пластичности, при продолжающемся росте выделившихся кристаллов и все новом и новом их образовании. Иглы кристаллов располагаются во всевозможных направлениях и как бы переплетаются между собой.

В течение третьего периода влажная кристаллическая масса постепенно высыхает, а гипс, растворенный в испарившейся части воды, идет на рост и сращивание большого количества кристаллов двуводного гипса. Этот процесс характеризуется значительным повышением механической прочности образцов и изделий из гипса.

Кристаллизация двуводного гипса показана на рис. 1.

От строительного гипса несколько отличается формовочный гипс, обладающий более тонким помолом и меньшими сроками схватывания. Он дает более высокие показатели механической прочности образцов как на сжатие, так и на растяжение, в пределах 14—25%.

По мере приближения температуры обжига к 200° все большее количество материала переходит в безводную модификацию (растворимый ангидрит), причем продукт делается медленно схватывающимся.

При температурном интервале $200-300^\circ$ получается вещество, состоящее, главным образом, из безводного гипса, т. е. ангид-

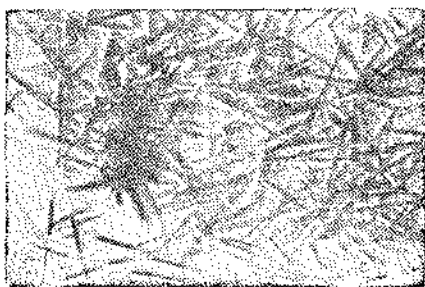
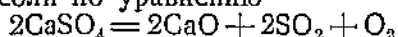


Рис. 1. Кристаллизация двуводного гипса.

рита, с некоторым количеством полуводной модификации. Схватывание еще более замедляется, однако материал достигает значительной механической прочности.

Резкими особенностями обладает гипс, обожженный при температурном интервале 500—750°. Это—так называемая мертвая модификация гипса, не обладающая прочностью после затворения и потому не имеющая применения в строительстве, если не используется влияние катализаторов.

Гипс, обожженный при температуре 800° и выше, вновь начинает постепенно приобретать свойства схватываться и твердеть, что объясняется присутствием в таком продукте свободной окиси кальция, образующейся в результате диссоциации сернокальцевой соли по уравнению



Механическая прочность такого вяжущего, так называемого эстрих-гипса, в значительной степени зависит от той температуры, при которой велся обжиг, а следовательно от того количества извести, которое образовалось при диссоциации (от 1 до 3%). В конечном счете временное сопротивление сжатию эстрих-гипса достигает 300 кг/см², а временное сопротивление растяжению до 40 кг/см².

В природе встречается также безводный сернокислый кальций CaSO_4 —ангидрит, обычно сопровождающий залежи гипса (рис. 2). Он часто бывает окрашен в различные цвета, от сероватых и нежно голубых до красноватых оттенков, и прожилков, что позволяет создавать из этого камня режущими инструментами художественные поделки и скульптурные группы (рис. 3). Ангидрит, несомненно, вполне пригоден в качестве облицовочных плит для наружной и внутренней отделки элементов зданий.

Под атмосферным воздействием, особенно под влиянием воды, ангидрит постепенно гидратируется и пере-



Рис. 2. Залежи гипса и ангидрита у села Борнуково, Горьковской области.

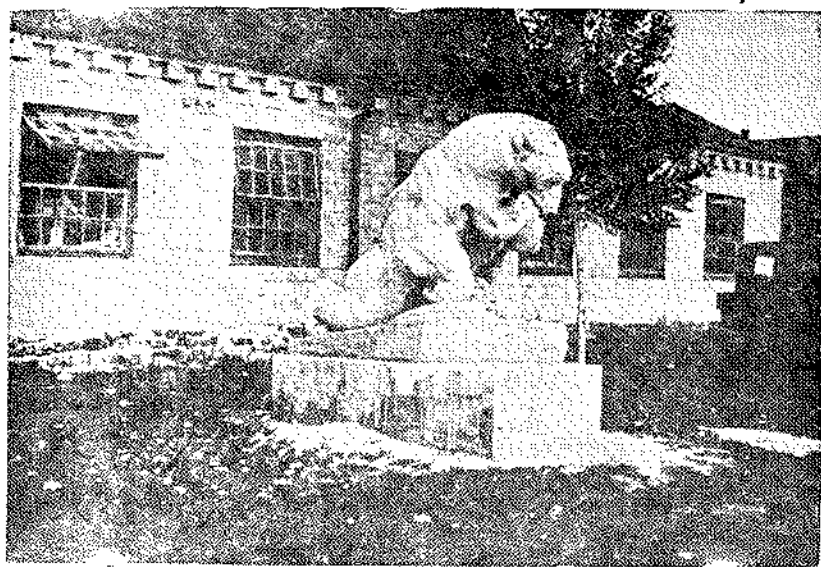


Рис. 3. Скульптура из ангидрита у здания камнерезного цеха в селе Борнуково.

ходит в двугидрат, почему на поверхности карьеров ангидриты обычно бывают превращены в гипс, в то время, когда на более глубоких горизонтах лежит еще чистый ангидрит.

Ангидрит тверже гипса (твердость его 3—3,5) и имеет более высокий удельный вес, колеблющийся от 2,9 до 3,1.

В Грузии, Армении и Средней Азии имеется природная смесь гипса и глины с примесями известняка и песка. Такой гипсовый мергель, после умеренного обжига при температуре 200—225° и последующего помола, превращается в вяжущее, носящее название гаж. Как показали исследования, до сих пор сохранились местные старинные сооружения, возведенные с применением гажевого раствора.

Содержание в гаже гипса колеблется в широких пределах—от 25 до 90%, что в значительной степени влияет на качество вяжущего и изделий из него.

Гажа находит применение в качестве местного вяжущего в растворах для кладки и штукатурки, для изготовления стеновых блоков, бетонов, перегородочных и потолочных плит.

В производство в настоящее время внедряется новое гипсовое вяжущее, предложенное академиком П. П. Будниковым. Это гипсо-ангидритовый цемент, состоящий, главным образом, из безводной сернокислой соли кальция (CaSO_4). Гипсоангидритовый цемент может изготавливаться как из двуводного гипса путем обжига его при температуре 500—700°, с последующим тонким перемолом с различными минеральными добавками (катализаторами), так и из природного ангидрита, без обжига, путем только совместного помола с некоторыми добавителями.

Как показали исследования академика П. П. Будникова, наилучшие результаты получаются тогда, когда в качестве катализатора берется 1% бисульфата натрия (NaHSO_4) и 0,7—0,8% медного купороса (CuSO_4). Другими добавками являются сернокислое железо, известь и портландцемент.

По техническим условиям (ОСТ 5438) временное сопротивление сжатию в растворе с нормальным песком 1:3 должно составлять не менее 60 кг/см^2 через 4 дня, 80 кг/см^2 через 7 дней и 100 кг/см^2 через 28 дней и временное сопротивление растяжению соответственно 12, 18 и 22 кг/см^2 .

* * *

Как видим, мы располагаем богатейшим ассортиментом сырья и его производных для изготовления гипсовых элементов, однако в настоящей работе все изыскания новых приемов работ и новых конструкций проведены исключительно с нормальным строительным гипсом, предназначенным для обычных работ. Мы задались целью изучить те возможности, которые свойственны строительному гипсу при изготовлении из него элементов зданий при современной более совершенной технологии и при применении вибрации, трамбования и давления. В производственных условиях эти приемы не являются особо сложными и не могут помешать широкому внедрению гипсовых деталей в массовое строительство. Как показали наши исследования—работа таких элементов даже в условиях службы на открытом воздухе и при гипсе ниже стандартного не вызывает сомнений. Больше того, многолетнее существование зданий, построенных из блоков на обыкновенном строительном гипсе, без дополнительной его обработки, убеждает нас в том, что этот материал не был до сего времени достаточно изучен.

Лишь на следующем этапе, исчерпав все возможности повышения механической прочности и водоустойчивости строительного гипса, мы полагаем подвергнуть тщательному исследованию другие виды вяжущих из алебастрового камня и, в первую очередь, предложенный академиком П. П. Будниковым гипсо-ангидритовый цемент, применение которого для наружных и внутренних элементов и конструкций сулит нам, несомненно, новые достижения, новые возможности.

Водовязущее или водогипсовое отношение. Количество воды, применяемой для затворения гипсового теста, весьма сильно влияет на механическую прочность гипсового камня. Как показывают исследования, следует применять наименьшее количество воды, дающее годную для отливки массу.

Теоретическое количество воды, достаточное для превращения полуводного гипса в двуводный, определяется в 18,6%, однако, практически для получения теста нормальной густоты, обладающего хорошими литейными свойствами, приходится значительно увеличивать водогипсовое отношение. Потребное в этом случае количество воды получается обычно в пределах 60—65—70%.

Влияние количества воды, применяемой для затворения, наглядно подчеркивается результатами испытания партии кубиков, заготовленных из одного и того же строительного гипса, но с разным водогипсовым отношением (рис. 4).

Как видим, механическая прочность отливки возрастает

в два раза при уменьшении водогипсового фактора с 0,60 до 0,45.

Эти выводы были нами неоднократно проверены для водовяжущего отношения в пределах от 0,45 до 0,80. Получить хорошо перемешанную массу с меньшим водовязущим фактором, приближающимся к теоретическому, можно лишь при механизации

Рис. 4. Влияние количества воды на механическую прочность гипсовой отливки.

процессов изготовления изделий и даже небольших образцов и, главным образом, применением давления или трамбования. Строго говоря, приемы трамбования и давления должны несколько видоизменить водогипсовое отношение, однако достаточно точными для практических целей можно принять показатели механической прочности образцов, указанные на рис. 5.

Левая кривая относится к гипсу, не удовлетворявшему требованиям ОСТ, правая кривая отражает зависимость механической прочности кубиков $7 \times 7 \times 7$ см, изготовленных из гипса лучшего качества. При водовязущем отношении ниже 0,40 применялось трамбование на копке Клеббе при небольшом числе ударов (30—60). Само собою разумеется, что уплотнение массы тоже имело немалое значение на повышение механической прочности образцов, но в основе сказало, несомненно, влияние факторов уменьшения количества воды.

Теория превращения полугидрата в двугидрат вполне объясняет эти выводы. Особенно следует подчеркнуть, что повышение водогипсового фактора ведет к увеличению пористости гипсовых отливок, а следовательно, к уменьшению в то же время механической прочности материала.

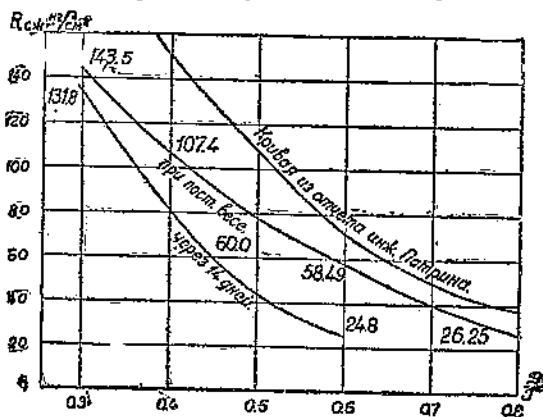
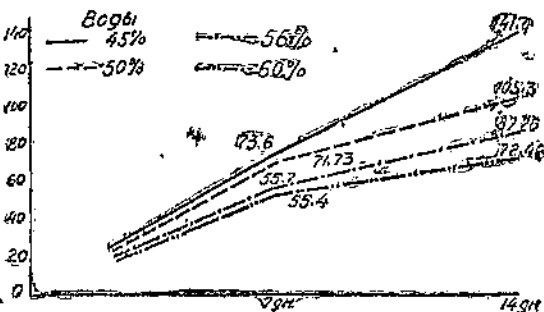


Рис. 5. Зависимость прочности гипсовых изделий от водовязущего отношения.

Облегчить отливку изделий при пониженном водогипсовом отношении можно также при добавке к гипсу органических или неорганических замедлителей схватывания гипса, о чем будет сказано ниже.

Следует отметить, что низкий водогипсовый фактор значительно сокращает сроки сушки изделий. При благоприятных атмосферных условиях может совершенно отпасть надобность в специальных сушилках, что будет иметь большое экономическое и производственное значение, как один из факторов скоростного строительства.

Влияние тонкости помола гипса. Вопросы влияния дисперсности гипса на механическую прочность изделий в той или иной мере освещались в литературе. Так, Л. И. Ермаков в статье „Влияние помола гипса на качество гипсового литья“ (журнал „Строительные материалы“ № 4 за 1936 г.) приводит данные, которые могут быть сведены в следующую таблицу:

Таблица 1

Характеристика испытания	Непросеянный гипс	Просеянный через сито 1600 отв/см ²	Просеянный через сито 4900 отв/см ²	Водогип- совое отноше- ние
Сопротивление разрыву в кг/см ²	9,18	11,99	23,59	1
Сопротивление излому в кг/см ²	22,21	27,06	54,06	1

Как видим, при применении фракций гипса, прошедших через сито 4900 отв/см², получается более чем двойное увеличение механической прочности гипсовой отливки. Здесь надо подчеркнуть очень существенное обстоятельство—во всех исследованиях применялось одно и то же количество воды для гипсов различной крупности помола. Естественно, надо было ожидать некоторого изменения этого положения при изготовлении образцов с количеством воды, соответствующим нормальной густоте гипсового теста. И действительно М. И. Гершман в своих исследованиях („Строительные материалы“ № 7 за 1936 г.) приходит к выводу, что в этом случае разница в механической прочности образцов неощутима.

Инж. И. Е. Гайсинский в отчете „Разработка технологии гипсовых стройдеталей“ (Академия коммунального хозяйства, Москва, 1940 г.) на основании сравнительно ограниченного числа опытов указывает, что увеличение тонкости помола повышает механическую прочность гипсовых изделий только в отношении сопротивления разрыву. Сопротивление изгибу остается почти без изменений, а сопротивление сжатию показывает довольно значительное падение.

Эти выводы противоречат как теоретическим предпосылкам, так и нашим исследованиям. Действительно, при определении водогипсового фактора для каждого рассева гипса в отдельности мы получили средние данные для временного сопротивления сжатию в следующих пределах (табл. 2).

Таблица 2

Материал	Гранулометрический состав	$\frac{B}{\Gamma}$	кг/см ²	Примечание
Гипс	Непросеянный	0,66	34,3	Гипс ниже стандартного
"	Прошедший через сито 640 отв/см ²	0,70	45,9	
"	Через сито 900 отв/см ²	0,72	56,3	
"	Через сито 1600 отв/см ²	0,74	52,3	

С теоретической точки зрения надо подчеркнуть, что механическая прочность гипсового литья будет тем выше, чем равномернее распределение и сращивание отдельных кристалликов, а это, естественно, надо ожидать лишь при более тонком помоле гипса.

Результаты проведенных нами еще в 1937 году исследований влияния тонкости помола на механическую прочность сжатия кубиков, заготовленных при одном и том же водовязущем отношении, представлены на рис. 6.

Техническим условиям гипс не удовлетворял, ибо временное сопротивление растяжению было несколько ниже нормы, а остаток на сите 900 отв/см² составлял в среднем 27% от навески, вместо 10% по ОСТ. Некоторые отклонения диаграммы, несмотря на тщательно поставленные трехкратные испытания, имели, видимо, случайные причины. Сюда надо отнести понижение механической прочности образцов в 28-дневном возрасте по сравнению с 14-дневным и местонахождение кривой просева гипса через 2500 отв/см² по сравнению с просевом через сито 900 отв/см². Возможные причины такого явления в последнем случае — это недостаток влаги при сложности перемешивания мелкопомолотого гипса.

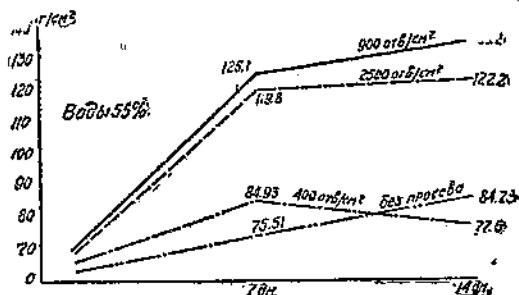


Рис. 6. Влияние тонкости помола гипса на его механическую прочность.

Более поздние наши исследования также подтверждают существенное влияние тонкости помола гипса. Результаты изменения показателей механической прочности гипса в связи с изменением гранулометрического состава указаны в табл. 3.

Как видим, степень дисперсности гипса имеет очень существенное влияние на механическую прочность изделий. Это положение должно быть учтено в первую очередь в производственных условиях при выполнении строительных деталей из гипса, где обычно недостаточно тщательно следят за тонкостью помола гипса и правильным подбором водовязущего отношения.

Таблица 3

Фракции гипса	В Г	Растяжение		Сжатие	
		14 дн.	28 дн.	14 дн.	28 дн.
64—400 отв./см ²	0,50	14,46	14,98	50,90	62,84
400—1600 отв./см ²	—	17,46	14,28	53,03	93,90
1600 отв./см ²	—	26,96	23,40	66,00	116,05
(64—400)—50% }	—	19,66	18,81	50,10	90,70
1600—50% }					

Как показывают приводимые выше данные, кубик из фракции, прошедшей через сито 900 отв./см², имеет в полтора-два раза большую механическую прочность, чем кубик из фракции, прошедшей через сито 64—400 отв./см², если при изготовлении принято одно и то же водогипсовое отношение.

Последнее положение очень наглядно подтверждается данными табл. 4.

Таблица 4

Материал	Гранулометрический состав	В Г	кг/см ²
Гипс	Непросеянный	0,60	45,2
"	64 отв./см ²	0,60	55,1
"	900 отв./см ²	0,60	73,2
"	1600 отв./см ²	0,60	74,4

При изготовлении стеновых и междуэтажных блоков и плит для перегородок обычно применяют такие инертные заполнители, как шлак, керамзит, речной песок, камыш и т. п. В какой мере тонкость помола гипса влияет в этом случае на механическую прочность отливки?

Если, независимо от дисперсности гипса, изготовлять отливку при одном и том же водовязующем отношении, то разница

в механической прочности изделия получается весьма значительной, как это следует из диаграммы, изображенной на рис. 7.

Как видим, рост механической прочности образцов, приготовленных из просеянного через сито 900 отв./см² гипса и шлака (в пропорции 1:1) по сравнению с непросеянным, определяется:

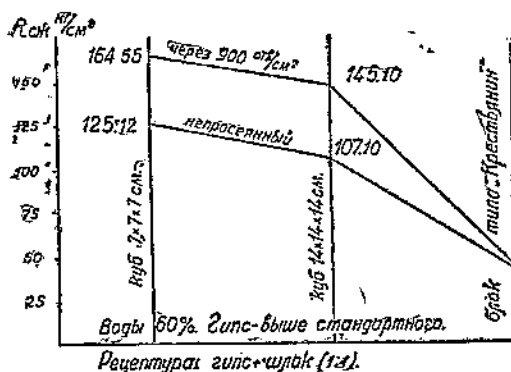


Рис. 7. Влияние тонкости помола гипса на механическую прочность изделия при применении заполнителей.

1. Для кубиков $7 \times 7 \times 7$ см — 31,5%
2. " " $14 \times 14 \times 14$ см — 35,5%
3. " блоков „Крестьянин“ — 1,6%

Малая разница между величиной временного сопротивления для пустотелых блоков из просеянного и непросеянного гипса по сравнению с механической прочностью кубиков объясняется, видимо, несовершенством технологического процесса при изготовлении камней. Не исключается положение о том, что при лучших условиях изготовления блоков (наличие растворомешалки, применение вибрации, прессования) будет более полное обволакивание шлака в блоке, а следовательно, и большее положительное значение дисперсности гипса.

Если менять количество воды из учета получения теста нормальной густоты для гипса непросеянного и просеянного через сито 900 и 1600 отв/см², то получим следующие показатели

Таблица 5

Вид материала	Заводской помол		Сито 900 отв/см ²		Сито 1600 отв/см ²	
	В/Г	R сж.	В/Г	R сж.	В/Г	R сж.
Чистый гипс	0,64	49,50	69 %	68,95	74 %	64,24
Гипс + песок 1 : 1	0,64	49,93	69 %	64,13	74 %	68,79
Гипс + керамзит 1 : 1	0,64	45,80	69 %	52,54	74 %	54,74

РЕПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА
А. С. ПУШКИН

1. Размер образцов — $7 \times 7 \times 7$ см.
2. Время испытания — 14 дней со дня изготовления

Примечание. Количество воды по Суттарду было бы выше, а именно: для заводского помола — 67 %, для просева через сито 900 отв/см² — 80 %, для сита 1600 отв/см² — 86,5 %.

Данные этой таблицы еще раз подтверждают положительное влияние тонкости помола гипса на механическую прочность отливки. Как и во всех предыдущих исследованиях, характерно, что это влияние существенно сказывается лишь до определенного предела, а именно, до тонкости помола гипса 900 отв/см². Для практических целей размол в пределах требований ГОСТ является вполне достаточным для наилучшего использования свойств строительного гипса, особенно для элементов, работающих на сжатие. Напоминаем, что по новому стандарту (ГОСТ 125—41), для 1-го сорта строительного гипса допускается остаток на сите 900 отв/см² — 25 %, для 2-го сорта — 35 % и для 3-го сорта — соответственно 40 %.

Влияние заполнителей на свойства гипсового литья. Изготавливать гипсовые элементы экономически целесообразнее с органическими или неорганическими заполнителями, хотя они резко меняют свойства самого материала. Как правило, все за-

полнители в той или иной степени снижают механическую прочность гипсовых изделий, одновременно увеличивая или уменьшая объемный вес гипсобетона и изменяя теплотехнические свойства отливки.

К числу органических заполнителей, могущих найти применение при изготовлении гипсовых деталей, можно отнести опилки, стружки, шерсть, костру, торф, солому и камыш. Все эти заполнители в большей степени, чем минеральные, снижают временное сопротивление кубиков сжатию, но особенно сильное падение прочности дают солома и костра. Незначительную разницу по сравнению друг с другом дают опилки, стружки и волокнистый торф. Однако, весьма положительное значение ввода органических заполнителей, отличающихся небольшим объемным весом, состоит в том, что они значительно улучшают теплотехнические свойства гипсовых элементов и гвоздимость их, а волокнистые материалы (стружка и особенно шерсть) увеличивают кроме того еще эластичность плит, их сопротивление удару и излому.

Органические заполнители находят себе применение в таких элементах зданий, как блоки для наружных и внутренних стен, плиты для перегородок и перекрытий, плиты сухой штукатурки. Для многих районов Союза они дешевле и доступнее неорганических заполнителей. Весьма целесообразно их использование при небольшом расходе гипса, в силу малого объемного веса такого материала и высоких теплозащитных свойств, в виде вкладышей для стен зданий и в виде теплоизоляционных плит в кровельных покрытиях.

О применении камыша в гипсоблоках, предназначенных для наружных стен одноэтажных зданий, сообщают из Сталинабада (НИИМС—инж. Патри). При водогипсовом отношении 0,8—0,9 прочность таких блоков получается в пределах 18—20 кг/см². Гипсоблоки с соломой изучены инж. Коцоурек (Куйбышев, Инженерно-строительный институт) для определения возможности возведения одно- и двухэтажных зданий. Гипсоблоки с соломой дали вполне удовлетворительные показатели временного сопротивления сжатию и с успехом использованы в строительстве.

Следует отметить, что для сельскохозяйственных зданий в районах с сухим климатом и богатых гипсом могут оказаться вполне подходящими органические заполнители и, в частности, камыш и солома, тем более, что в малоэтажном и каркасном строительстве можно ограничиться меньшей прочностью стенового материала.

Таким образом, опыт Сталинабада и Куйбышева получит, очевидно, распространение в отдельных районах.

К числу существенных недостатков органических заполнителей следует отнести их значительную гигроскопичность и необходимость оштукатуривания стен, в целях защиты наружных ограждений от влияния влаги. Блоки с минеральными заполнителями не нуждаются в наружной штукатурке, которая, вообще

говоря, очень плохо держится на гипсовой поверхности стены без дополнительных мероприятий (пустошовка, насечка и пр.).

Неорганические заполнители, как легкие, так и тяжелые, в меньшей степени снижают механическую прочность гипсовых отливок и дают более атмосфероустойчивый материал.

К минеральным заполнителям относятся шлак, пемза, вулканические туфы, керамзит, хейдит, кирпичная щебенка, песок и гравий. Последние два заполнителя сильно увеличивают объемный вес и хрупкость отливки и в то же время существенно снижают теплозащитные свойства материала. Наилучшими, естественно, являются легкие заполнители — котельные шлаки, керамзит, хейдит и пемза.

Наибольшее применение получили котельные шлаки, так как в промышленных районах имеются значительные их запасы.

Для получения высококачественных гипсовых изделий следует наблюдать за тем, чтобы шлак был чистым, т. е. без примесей земли, камней и щепы. Количество неперегоревших частиц не должно превышать 20%. Нежелательной примесью в шлаках является незагасившаяся известь, часто вызывающая появление выпучин.

Качество шлака может быть значительно улучшено путем длительного выдерживания его на открытом воздухе (не менее двух месяцев), что ведет к гашению имеющейся в шлаке едкой извести и к вымыванию дождями золы и сернистых соединений.

Величина зерен заполнителей выбирается в зависимости от размеров отдельных гипсовых элементов с тем, чтобы щебенка получила полное обволакивание раствором. Размер щебенки должен быть в 2—2,5 раза меньше толщины элемента.

Следует предпочесть шлак с содержанием фракций размером до 5 мм не свыше 25—30%.

Пемза способствует получению высококачественного гипсобетона, так как обычно не содержит вредных примесей, содействующих ее выветриванию, а наличие в ней пор обеспечивает изделию высокие теплоизоляционные свойства. К сожалению, залежи пемзы встречаются лишь в отдельных районах (Северный Кавказ, Армения, Дальний Восток), поэтому применение ее ограничено строительными площадками, расположенными поблизости от разработок.

Керамзит и хейдит заменяют собою привозимые изда- лека естественные заполнители — пемзу, арктический туф и др. Материал может быть изготовлен различного объемного веса и разной прочности, но пока применяется лишь для строек большого значения (Дворец Советов и др.)

В справочном пособии „Строительные материалы и изделия“¹ приводится следующая характеристика влияния заполнителей в зависимости от расхода вяжущего (табл. 6):

¹ Под редакцией проф. Н. А. Попова, Госстройиздат, 1941 г., стр. 156.

Таблица 6

Заполнители		Расход гипса в кг на 1 м³ бетона							
мелкий	крупный	400		600		800		1000	
		Р сж.	Об. вес	Р сж.	Об. вес	Р сж.	Об. вес	Р сж.	Об. вес
Песок	—	8—12	1800	30—36	1650	50—60	1550	65—75	1500
Песок	Гравий	12—18	1800	30—35	1650	55—40	1550	70—75	1500
Песок	Кирп. щебень	20—25	1600	40—45	1500	60—70	1400	75—85	1350
Котельный шлак	—	15—20	1200	35—45	1200	55—65	1250	75—80	1300
Опилки	—	—	—	6—10	800	25—30	950	50—55	1100
Солома и костра	—	—	—	4—8	800	12—18	950	35—40	1100
Торф	—	—	—	4—8	850	15—20	1000	40—45	1150

Приведем основные показатели наиболее распространенных гипсобетонов, изготовленных с добавкою некоторых минеральных заполнителей и для сравнения данные по красному и силикатному кирпичу (табл. 7).

Таблица 7

Материал	$\frac{B}{\Gamma}$	Об. вес	Р сж. кг/см²	Примечание
Гипс	0,45	1320	147,6	1. Соотношение между гипсом, шлаком и песком принято по весу
Гипс+шлак 1 : 1 . .	0,60	1242	91,3	
Гипс+песок 1 : 1 . .	0,55	1576	99,0	2. Водогипсовое отношение подбиралось из условия удобства формовки образца (одинаковая консистенция)
Красный кирпич . . .	—	1777	135,0	
Силикатный кирпич .	—	1717	126,3	

Можно привести еще данные, характеризующие снижение механической прочности гипсобетона в зависимости от соотношения между вяжущим и заполнителем (рис. 8).

Следует подчеркнуть, что приводимые на данной диаграмме показатели механической прочности гипсовых кубиков на сжатие дают лишь сравнительную характеристику, так как гипс был по качеству ниже стандартного и, кроме того, сушка образцов проходила в неблагоприятной обстановке (постоянный вес — лишь на 28-й день). В обычных условиях некоторое замедление сушки гипсошлаковых образцов, по сравнению с чисто гипсовыми, вполне закономерно, так как шлаки обладают быстрым водопоглощением, но медленной отдачей влаги.

Как видим, мы имеем полную возможность регулировать физико-механические свойства гипсовых изделий, изменяя водо-вяжущее отношение, тонкость помола гипса и включение в раз-

личных пропорциях органических или неорганических заполнителей. К сожалению, на существующей стадии вопроса нельзя дать еще математической зависимости между временным сопротивлением гипсовых материалов сжатию, растяжению и изгибу и соответствующими компонентами гипсобетона. Однако, в лабораторной обстановке подбор состава гипсобетона может быть осуществлен опытным путем в соответствии с требованиями производства и заданной маркой материала.

В зависимости от активности вяжущего и качества заполнителей, принимается различное соотношение составляющих в пределах от 1:0,5 до 1:2 (гипс, заполнитель по весу или объему). Для предварительных подсчетов можно пользоваться данными табл. 8 для определения механической прочности гипсобетона (марки) в зависимости от соотношения компонентов.

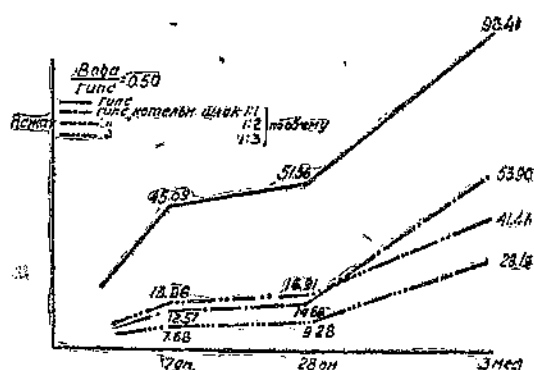


Рис. 8. Влияние заполнителей на механическую прочность гипсобетона.

Таблица 8

Наименование гипсобетона	Состав по объему	Объемн. вес в вод. сухом состоянии, кг/м³	Прочность на сжатие, кг/см²	Расход материалов на 1 м³ готов. бетона в л			Выход бетона в %	Конеч. воды в % от веса массы
				гипса	запол.	воды		
Гипсошлаковый	1 : 0,5	1350	80—120	1000	500	530	66	35
„	1 : 1	1840	70—90	780	780	460	63	29
„	1 : 2	1250	40—50	570	1150	430	61	25
Гипсоопилочный	1 : 1	1000	40—50	860	860	525	30	30
„	1 : 2	800	15—20	600	1200	540	31	31
Гипсопесчаный	1 : 0,5	1630	80—90	920	460	460	70	37
„	1 : 1	1620	55—65	730	730	450	71	32
„	1 : 2	1620	25—30	470	930	400	72	29

Теплоизоляционные свойства гипса. Строительный гипс затворяется в сметанообразную массу со значительным количеством воды, в пределах 50—70% от веса гипса. Фактически на химическую реакцию образования двугидрата расходуется только 18,6% воды, остальное же ее количество первое время остается в порах затвердевшего камня, а затем испаряется, вызывая значительную пористость материала. Очевидно, такое структурное состояние гипсового камня и способствует тому, что коэффициент теплопроводности его оказывается сравнительно невысоким.

Следует отметить, что величину коэффициента теплопроводности гипсовых материалов можно считать в настоящее время установленной в пределах нужной нам практической точности.

Приведем некоторые показатели различных авторов.

1. По данным проф. В. Д. Мачинского („Теплопередача в строительстве“, Госстройиздат, 1939 г., стр. 328), гипсовые стены сухие при объемном весе $\gamma=800 \text{ кг/м}^3$ дают для λ значение $0,25 \text{ кал/м час } ^\circ\text{Ц}$, при $\gamma=1000 \text{ кг/м}^3$ —соответственно $0,30$, при $\gamma=1200 \text{ кг/м}^3$ — $0,35$.

2. Мюнхенская лаборатория технической физики: гипс строительный (плита) при $\gamma=1250 \text{ кг/м}^3$ $\lambda=0,36$ — $0,38$.

3. Доц. Фокин („Строительная теплотехника ограждающих конструкций“, 1937 г.): а) алебастровые доски и плиты при $\gamma=1250 \text{ кг/м}^3$ $\lambda=0,40$, при $\gamma=840 \text{ кг/м}^3$ $\lambda=0,22$.

4. По данным инж. Франчука (ЦНИПС), коэффициент теплопроводности для материалов с объемным весом 1250 — 1400 кг/м^3 равняется $0,40$ в сухом состоянии и $0,43$ — $0,45$ в состоянии 10 — 12% влажности.

5. НИЭС Мосгорисполкома: а) плита „диферент“ при $\gamma=823 \text{ кг/м}^3$, влажности 1% имеет $\lambda=0,23$; б) вибрированный гипсобетон на топливном шлаке при $\gamma=1505 \text{ кг/м}^3$, влажности 0% дает $\lambda=0,507$; в) гипсобетон на гранулированном шлаке при $\gamma=1194 \text{ кг/м}^3$ $\lambda=0,351$.

6. По данным инж. Булычева (ЦНИПС), пеногипс объемного веса 480 кг/м^3 имеет $\lambda=0,16$.

7. Прессованный гипсовый кирпич (из отчета инж. Лапшина) $\gamma=1600 \text{ кг/м}^3$, при влажности 0% $\lambda=0,55$.

8. По данным ЦНИПС результат испытания в МИСИ (отчет инж. Корнева) гипсолит с 12% опилок: а) при объемном весе $\gamma=1111 \text{ кг/м}^3$ $\lambda=0,22$; б) при $\gamma=992 \text{ кг/м}^3$ $\lambda=0,173$.

9. Коэффициент теплопроводности гипсобетонов может определяться по приближенной формуле проф. В. П. Некрасова:

$\lambda = -0,14 + \sqrt{0,0196 + 0,22 \gamma^2}$, где γ — объемный вес гипсоблоков в тоннах. Для гипсошлаковых блоков объемного веса 1200 — 1400 кг/м^3 получаем значение $\lambda=0,39$ — $0,43 \text{ кал/м час } ^\circ\text{Ц}$.

10. По нашим исследованиям на стандартном приборе ОСТ 7458, коэффициент теплопроводности для гипсовых материалов в сухом состоянии имеет следующие значения: а) при органических заполнителях (солома, камыш, опилки) $\gamma=1144 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,22$ — $0,27$; б) при неорганических заполнителях (котельный шлак, керамзит) $\gamma=1400 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,38$ — $0,39$; в) для гипса без заполнения $\lambda=0,41 \text{ кал/м час } ^\circ\text{Ц}$.

На основе указанных выше показателей мы принимаем в дальнейших расчетах тепловых свойств стеновых блоков, изготовляемых обычно на топливных шлаках, коэффициент теплопроводности $\lambda=0,43$ — $0,45$, что соответствует влажному состоянию материала, если учесть небольшое накопление влаги в наружных ограждениях зданий.

Морозостойкость гипсовых изделий. Достаточная для практического использования морозоустойчивость гипсовых материалов с полной очевидностью подтверждается отсутствием дефектов в наружных стенах существующих зданий, построенных в разное время. Так, в г. Куйбышеве хорошо сохранилось гипсовое здание (радиотеатр), построенное еще в 1911 году. В селе Борнуково стены зданий ведут себя вполне удовлетворительно, несмотря на несовершенство технологии изготовления самого материала и блоков, отлитых при большом водовяжущем отношении (0,80—0,90). То же самое относится и к стенам трех зданий, построенных за период 1937—1939 гг. на территории Горьковского инженерно-строительного института. Хорошо известно также, что скульптурные детали и орнаменты из гипса, часто применяемые строителями при обработке фасадов зданий, служат значительное время.

Все же лабораторные исследования морозоустойчивости гипсовых элементов могут дать интересные показатели, сравнимые с показателями морозоупротивления других строительных материалов. Приведем результаты испытаний одной из партий.

Определение морозостойкости данной партии проводилось непосредственно замораживанием кубиков на дворе, так как внешняя температура этому благоприятствовала. Всего проведено 15 циклов замораживания и оттаивания образцов в воде комнатной температуры при средней продолжительности каждого цикла: 7 ч. 50 м. на морозе при температуре от -15° до -23° и 8 ч. 30 м. в воде при температуре от $+8$ до $+10^{\circ}$.

До проведения замораживания 10 образцов испытаны в воздушно-сухом состоянии, чтобы иметь данные для суждения о потере веса и механической прочности кубиков после проведения циклов замораживания. Результаты испытаний сведены в табл. 9.

Таблица 9

№ партии	Материал	В сухом состоянии R ск. кг/см ²	Цикл		Колебания температуры в гр. Ц.	R ск. кг/см ² после 15 замораживаний			
			среднее время замораживания	среднее время оттаивания		во влаж. состоянии	высушен. до постоянного веса	потеря веса	потеря механич. прочности
1	Гипсошлак 14×14×14 см	79,97	7 ч. 50 м.	8 ч. 30 м.	От -17 до -23	25,67	57,91	2,12%	27,58%
2	Гипс 7×7×7 см	104,61	7 ч. 12 м.	6 ч. 45 м.	То же	—	101,31	4,26%	3,15%
3	Гипсошлак 7×7×7 см	74,67	7 ч. 12 м.	6 ч. 45 м.	То же	—	58,32	6,95%	21,75%

Путем тщательного наблюдения за образцами установлено, что они прекрасно выдержали испытание, так как никаких признаков разрушения, кроме незначительного вымывания частиц с поверхности камня и небольшого размягчения граней, не ока-



Рис. 9. Вид кубиков, выдержавших 15-кратное замораживание.

залось. Вид кубиков, выдержавших 15-кратное замораживание, представлен на рис. 9.

Для получения сравнимых между собою результатов 30-кратному замораживанию подверглись образцы из чистого гипса, гипса со шлаком и песком, красный и силикатный кирпич. Приводимая ниже диаграмма (рис. 10) дает полное представление о закономерных явлениях, характеризующих поведение некото-

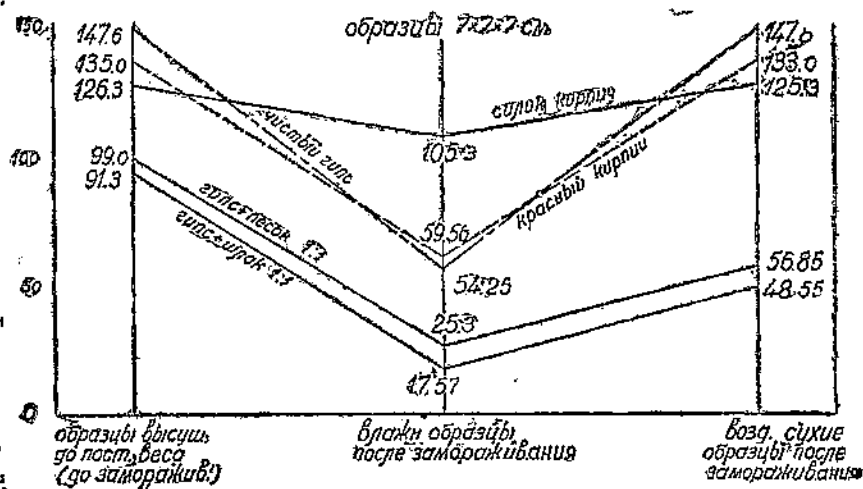


Рис. 10. Временное сопротивление сжатию образцов, подвергшихся тридцатикратному замораживанию.

рых строительных материалов во влажном и воздушно-сухом состоянии после замораживания.

Как и в предыдущем случае, наибольшая потеря веса и механической прочности характерна для гипсобетонов с такими заполнителями, как шлак и песок, в то время, когда гипсовые образцы показали полную морозоустойчивость, равноценную морозостойкости красного и силикатного кирпича. Правда, во влажном состоянии падение прочности гипсовых образцов в процентном отношении больше, чем для кирпича, но решает вопрос, несомненно, воздушно-сухое состояние материала, если обеспечены меры конструктивной защиты элементов зданий от чрезмерного увлажнения.

Результаты испытания и характеристика образцов во влажном и воздушно-сухом состоянии до и после 30-кратного замораживания для большей наглядности сведены в табл. 10.

Таблица 10

Материалы	Объемный вес			Р _{сж} в кг/см ²			Потеря мех. прочн. после замораживания	
	в возд. сухом состоянии до замораживан.	в возд. сухом состоянии после замораживан.	потеря веса в %	в возд. сухом состоянии до замораживан.	в насыщ. состоянии до замораживан.	в возд. сухом состоянии после замораживан.	для влажн. образц.	для высуш. образц.
Чистый гипс	1320	1306	1,1	147,6	54,26	147,80	63%	0,13%
Гипс+шлак 1 : 1	1242	1185	4,6	91,3	17,57	48,55	81%	46,8%
Гипс+песок 1 : 1	1576	1507	4,4	99,0	25,30	56,85	74%	42,5%
Силикат. кирпич	1717	1710	0,4	126,3	105,30	125,30	17%	0,79%
Красный кирпич	1777	1710	3,8	135,0	59,56	133,00	56%	1,40%

Понижения механической прочности камней с заполнителями после 30-кратного замораживания хотя и значительны, однако, следует учесть, что образцы при испытании находились в очень тяжелых условиях, совершенно отличных от нормальных условий работы наружных ограждений зданий. Уменьшением процентного содержания заполнителей и особенно улучшением технологических процессов изготовления деталей и, в первую очередь, применением вибрации, прессования или трамбования можно значительно повысить морозостойкость изделий. Так как эти приемы, являясь наиболее промышленными, несомненно, будут сопровождать заводское производство изделий, то этим самым, естественно, достигается и большая морозоустойчивость элементов наружных ограждений. Впрочем, и при литем способе изготовления деталей, применяя наименьшее водовязущее отношение, мы получаем совершенно достаточную в практических условиях морозостойкость гипсовых элементов.

До настоящего времени мы освещали вопрос о морозостойкости готовых гипсовых образцов, предварительно высушенных до постоянного веса. Однако, в условиях заводского производства или строительной площадки исключительно большое зна-

чение имеет морозостойкость гипсовых материалов в раннем периоде созревания. Знание этих законов позволит установить продолжительность хранения отформованных изделий из гипса в теплом помещении до выноса на мороз с тем, чтобы учесть влияние низких температур на механическую прочность материала.

Температура наружного воздуха колебалась в пределах от -5 до -26° , температура помещений $+20^{\circ}$. Испытано 3 партии образцов $7 \times 7 \times 7$ см, причем первая партия изготовлена из строительного гипса без заполнителя, вторая партия — с добавкою шлака и третья партия — с песком.

Результаты испытаний из 5 определений (6 близнецов) сведены в табл. 11.

Таблица 11

Рецептура	В Г	Образцы выносились на мороз через					Комнатное хранение	Примечание
		1 ч.	8 ч.	24 ч.	3 суток	7 суток		
Гипс без заполнения	0,5	41,5	41,6	44,0	50,6	99,8	119,5	Испытания проведены в возрасте 28 дней. Оттаивание 1 сутки
Гипс+шлак 1 : 1 .	0,5	54,8	49,9	59,5	76,6	117,8	135,6	
Гипс+песок 1 : 1 .	0,5	28,1	35,3	34,8	52,5	75,9	90,4	
Гипс без заполнения	—	34,7	31,8	36,8	42,3	83,6	100%	В процентах
Гипс+шлак 1 : 1 .	—	40,5	36,8	44,0	56,5	87,0	100%	
Гипс+песок 1 : 1 .	—	31,0	39,0	38,0	58,2	84,0	100%	

Повышение временного сопротивления гипсошлаковых кубиков сжатию по сравнению с гипсовыми объясняется тем, что первые образцы формовались с пониженным водоудерживающим отношением, так как сухой шлак сильно поглощает влагу.

Из сказанного вытекают следующие выводы:

1. Все образцы, хранившиеся на морозе, дают значительное снижение механической прочности по сравнению с образцами, которые не подвергались замораживанию.

2. Кубики в возрасте 28 дней, вынесенные на мороз через 7 суток после изготовления и пролежавшие при отрицательной температуре 20 суток, показали механическую прочность, равную в среднем 85% от временного сопротивления сжатию кубиков, хранившихся до испытания в теплом помещении.

3. Кубики, вынесенные на мороз через 3 суток с момента изготовления, показывают в среднем 55% прочности незамороженных образцов.

4. Кубики, вынесенные на мороз через 1 час, 8 часов и 24 часа после изготовления, показывают в 28-дневном возрасте близкую друг другу механическую прочность, равную в среднем 36% от прочности незамороженных образцов.

Эти выводы позволяют установить линию поведения при решении вопроса о режиме хранения изделий, выпускаемых зимой

в массовом порядке на строительной площадке или на специальном заводе.

Как и при бетонных работах, не только морозные условия, но и понижение температуры наружного воздуха имеет существенное значение на скорость вызревания блоков. Проведенные нами в этом направлении исследования трех партий кубиков показывают, что при колебаниях температуры наружного воздуха в пределах от $+5$ до -3° (октябрь—ноябрь 1940 г.) механическая прочность образцов, изготовленных на воздухе и хранившихся под навесом, достигает лишь половины величины временного сопротивления растяжению и сжатию образцов, созревших в условиях комнатной температуры.

Возникает весьма важный в практическом отношении вопрос: не нарастает ли в дальнейшем механическая прочность материала, если после продолжительного хранения в зимних условиях вновь наступят благоприятные для вызревания температурные условия?

Ответ на этот вопрос дают показатели механической прочности блоков типа „Крестьянин“, пролежавшие в течение четырех зимних месяцев под навесом. После месячного срока оттаивания и сушки блоков до воздушно-сухого состояния мы получили следующие данные (табл. 12).

Таблица 12

Рецептура	Условия хранения	R сж. кг/см ²
Гипсовые блоки	4 мес. в помещении	80,2
„ „	4 „ на морозе	34,4
„ „	1 „ в помещении	26,9
Гипс+шлак 1 : 1	4 „ „	12,3
„ „	4 „ на морозе	
„ „	1 „ в помещении	

Как видим, нарастания механической прочности блоков не получается. Таким образом, во всех случаях следует учитывать необходимость изготовления и хранения изделий в течение 7—8 дней в условиях нормальной температуры. Однако размеры изделия имеют весьма существенное значение, ибо чем больше элемент, тем большее влияние окажет экзотермия процесса схватывания и твердения гипса и тем медленнее происходит сквозное промерзание материала. Для стеновых блоков, таким образом, указанные выше сроки хранения в теплом помещении могут быть несколько снижены. Само собою разумеется, что искусственная сушка изделий при температуре не выше 65° значительно сократит этот срок.

Для проверки влияния мороза на прочность кладки стен нами сложен в двадцатиградусный мороз в феврале 1941 г. участок опытной стены на гипсовом и частично на сложном растворе (гипс, известь, песок—1:0,5:0,5). Затворение раствора проведено на теплой воде с температурой $+30^{\circ}$, причем раствор укладывался под каждый камень в отдельности.

Указанная выше рецептура сложного раствора 1:0,5:0,5 (гипс, известь, песок) вполне обоснована для зимних условий кладки. Значение гипса в связи с короткими сроками схватывания понятно: известь является замедлителем схватывания гипса, песок парализует стремление извести к усадке, так как служит каркасом в растворе. В силу некоторых особенностей швы кладки на гипсовых растворах могут быть выполнены более тонкими, чем швы обычных растворов.

Через 30 дней после кладки опытного участка образцы раствора, взятые у самой поверхности стены, были высушены в шкафу при температуре 65° в течение двух часов. Раствор показал совершенно достаточную механическую прочность и не обнаружил признаков „выветривания“ или каких-либо дефектов. В самой кладке полностью сохранились даже наружные швы, несмотря на то, что после укладки блоков мороз усилился и доходил до —23°.

Не менее показателен наш опыт возведения в зимних условиях стен второго этажа восьмиквартирного жилого дома у станции Сейма Горьковской железной дороги. Работы были закончены в декабре 1940 г., когда морозы достигали 12°. Следует подчеркнуть, что кладка гипсовых стен была начата глубокой осенью, в первых числах ноября (рис. 11). Обследование здания в конце мая 1941 г., как и в 1942 г., показало, что стены постройки находятся в совершенно благоприятных условиях и не имеют каких-либо дефектов. Имеются сведения о проведенных инж. А. Я. Граусманом в Красноярском крае построй-



Рис. 11. Состояние постройки жилого дома из гипсовых блоков „Крестьянин“ у ст. Сейма на 9 ноября 1940 г.

ках ряда жилых, подсобных и цеховых зданий литым способом на морозе без тепляков. Исключительны по масштабу и замыслу работы по развитию гипсового строительства в зимних условиях в районе Уфы и Стерлитамака. Широкий опыт строительства гипсовых зданий накоплен за зиму 1942—1943 гг.

Эти примеры полностью подтверждают наши теоретические предпосылки о полной возможности выполнения стен гипсовых зданий в зимних условиях без опасения каких-либо катастрофических последствий, тем более, что раствор в швах кладки, будучи в короткий срок закрыт верхним камнем, успевает получить достаточную первоначальную прочность. Следует отметить, что этому способствует ряд благоприятных обстоятельств — малые сроки схватывания и начального твердения раствора, экзотермический характер процесса и теплотехнические свойства самого гипсового камня. Эффективность зимней кладки можно значительно увеличить, применив, в целях повышения экзотермии процесса, в гипсовый раствор перед самой укладкой молотую известь-кипелку (в пределах 10—15% от веса гипса).

В условиях военного времени, как и в период восстановительных работ, возможность широкого строительства гипсовых зданий в зимний период приобретает большое народно-хозяйственное значение.

Проведенные за последнее время работы показывают, что мы имеем полную возможность широко использовать гипсовые вяжущие не только для зимней кладки блоков, но и вообще для каменной кладки, взамен известковых или сложных растворов. Преимущества гипсовых растворов нашли подробное освещение в статьях проф. Б. Г. Скрамтаева и старших научных сотрудников И. Т. Котова, И. Т. Кудряшева и М. Я. Пильдиш в № 2—3 и 7 журнала „Строительная промышленность“ за 1942 год.

Огнестойкость гипсовых материалов. Огнезащитные свойства гипсовых элементов зданий получили за границей высокую оценку в лабораторных исследованиях и в практике строительства. Особенно много внимания уделено этому вопросу в США, где за последние два десятилетия проведены исчерпывающие испытания этого интересного, но мало изученного у нас материала стен, перегородок и кровельных покрытий.

Несмотря на различную методику испытаний и несколько отличный подход различных авторов к характеристике огнезащитных свойств гипсовых изделий, результаты исследований дают полное право считать этот материал вполне удовлетворяющим противопожарным требованиям и нормам.

Приведем литературные данные из зарубежной и отечественной практики проверки огнезащитных свойств гипсовых материалов.

Акад. П. П. Будников пишет¹: „Гипс огнестоек, а поэтому

¹ П. П. Будников. „Гипс и его исследование“. Издание Академии наук СССР, Ленинград, 1933 г., стр. 58.

в американских законах о строительстве он поставлен наравне с бетоном и керамическими материалами. Интересные опыты над гипсовыми строительными материалами были проведены в лаборатории американских страховых обществ: перегородка из 3" пустотелых камней в течение двух часов находилась в сфере действия пламени при температуре 930° Ц (1700° Ф), после чего сразу обливалась водой в течение 5 минут. Никаких разрушений и отслаиваний при этом не было замечено. После двух часов действия указанной температуры на поверхности другой стороны стены температура поднялась только на 30° Ц (90° Ф) выше комнатной".

Инж. В. М. Вахуркин в журнале "Проект и стандарт" (№ 5 за 1934 г.) описывает порядок испытаний, установленных ньюйоркскими строительными нормами для армированных плит: "Перекрытие подвергается (снизу) действию огня в течение 4 часов при средней температуре не ниже 930° Ц. Затем на нижнюю поверхность направляется струя воды из шланга диаметром 28 мм под давлением в 4 атмосферы. Действие струи поддерживают в течение 5 мин., направляя ее по всему испытываемому покрытию. Затем перекрытие заливают сверху при низком давлении в течение 5 мин. Снова переносят струю на 5 мин. на нижнюю поверхность при том же давлении в 4 атмосферы. После достаточного охлаждения перекрытие подвергают испытанию нагрузкой в 3000 кг на 1 м² (расчетная нагрузка 750 кг/м²). Перекрытие считается выдержавшим испытание, если 1) огонь или дым не проникли сквозь перекрытие во все время испытания и 2) остаточные прогибы не превосходят 1/100 пролета".

Особенно интересны результаты испытания по указанным здесь нормам гипсового перекрытия: "Водой был смыт нижний поверхностный слой гипса и частично обнажена арматура. Места, не затронутые водой, были размягчены на глубину 25—30 мм. Прогиб под нагрузкой не превосходил установленной нормы".

Следует еще подчеркнуть, что строительные нормы Нью-Йорка относят гипсовые перегородки к огнестойким при такой же толщине, как перегородки бетонные или из пустотелой терракоты, и меньшей, чем перегородки кирпичные. Для огнестойких покрытий требуется по тем же нормам толщина не менее 9 см.

В журнале "Engineering News Record" № 7 за 1933 г. приведены данные испытания на огнестойкость стальных колонн, защищенных гипсовой оболочкой. Такая колонна разрушалась только по истечении семи часов воздействия высокой температуры.

В статье инж. С. А. Семенцова¹ приводятся результаты испытаний в Чикаго 106 колонн на специально сконструированной машине, совмещающей в себе пресс и газовую печь. Все колонны высотой 3,8 м во время испытания огнем находились под

¹ "Экспериментальные исследования каменных конструкций". Сборник статей под редакцией проф. доктора техн. наук Л. И. Оннищика, Стройиздат, 1939 г.

полез
ливко
Ис
ных
для с
гипсо
связи
защит
лент
ки, а
на лу
дит в
никис
жива.
повер
под
на п
У1
обла
и ки
щиту
ного
У1
плит,
нала
1.
в бо.
2.
порц
чени
щитн
толш
нати
пров
преп
нен
так
С
вате
сохр
3.
оста
вер
темп
пове
кото
слоя
4
жел
цемя

Полезной нагрузкой в 40 т, причем 15 колонн испытано с поливкой водой.

Испытания показали, что: огнестойкость незащищенных металлических колонн ничтожна, составляя 10—20 мин. для стальных колонн и 35—40 мин. для чугунных; сплошные гипсовые блоки при гипсовом заполнении и с металлическими связями в швах оказываются весьма удовлетворительным огнезащитным материалом; гипсовые блоки толщиной в 5 см эквивалентны 10-сантиметровой облицовке из лучшей пустотелой керамики, а 10-сантиметровые гипсовые блоки эквивалентны слою бетона на лучших заполнителях толщиной в 7,5 см; деформация происходит вследствие разрушения самих блоков, но не вследствие проникновения тепла сквозь облицовку; поливку водой гипс выдерживал вполне удовлетворительно, сохраняя свою прочность под поверхностным, незначительной толщины разрушенным слоем; под действием огня разрушение гипса происходит только на поверхности.

Указанные выше данные свидетельствуют о том, что гипс обладает лучшими термозащитными свойствами, чем бетон и кирпич, и что он может обеспечить в течение 4—6 часов защиту конструкции от огня при достаточной толщине защитного слоя.

Укажем еще характеристику огнезащитных свойств гипсовых плит, приведенную в статье „Gips als Feuerschutz“ в № 31 журнала „Tonindustrie Zeitung“ за 1935 г.

1. Одежда из гипсовых плит толщиной 20—30 мм создает в большинстве случаев уже достаточные защитные свойства.

2. Продолжительность защитного действия плиток не пропорциональна их толщине, быстро увеличиваясь по мере увеличения толщины их. Так, у плиток толщиной в 20 мм огнезащитные свойства сохраняются в течение 20 мин., у плиток же толщиной в 30 мм — в течение 43 мин. Это станет вполне понятным, если учесть, что гипс обладает незначительной теплопроводностью и, таким образом, уже обезвоженные слои гипса препятствуют до известной степени дальнейшему распространению тепла, а следовательно, и дальнейшей дегидратации остальной массы гипса.

Следует отметить, что по опытным данным других исследователей защитное действие гипсового покрытия толщиной 5 см сохраняется в течение более 3 час. 20 мин.

3. Необходимо тщательно следить за тем, чтобы слой гипса оставался плотно связанным с покрываемой поверхностью также и во время воздействия на него высоких температур. С этой целью рекомендуется покрыть защищаемую поверхность еще до нанесения слоя гипса проволоочной сеткой, которая создает гарантию крепости и целостности гипсового слоя.

4. Для предупреждения коррозирующего действия гипса на железо рекомендуется предварительно покрыть металл слоем цементного молока.

Наши исследования находятся в полном соответствии с указанными выше данными.

Так, сплошной гипсовый блок, заделанный в стену обжига- тельной печи и подвергнутый сильному нагреву с торца, показал следующее влияние огня на слои гипса, расположенные на рас- стоянии 10, 20 и 30 см от боковой стенки печи (табл. 13).

Таблица 13

Время наблюдения	Температура в градусах Цельсия				
	в печи	на расст. 10 см от огня	на расст. 20 см	на расст. 30 см	наружн. воздуха
3 часа	100	14	14	14	14
3 часа 10 мин.	180	18	14	14	14
3 " 20 "	500	20	16	14	14
3 " 30 "	720	34	16	15	15
3 " 40 "	800	42	21	15	15
3 " 50 "	850	70	23	15,5	15
4 " — "	850	90	27	16	15
4 " 10 "	850	96	32	17	15
4 " 20 "	600	93	35	18	15
4 " 30 "	550	114	40	18	15
4 " 40 "	400	110	38	17	15

Методику нашего исследования в данном случае нельзя при- звать удачной, ибо термометры закладывались в просверленные в торце блока отверстия, не заполненные предварительно ртутью, что не гарантирует результаты опытов от некоторой неточности. Все же эти данные достаточно показательны.

С исчерпывающей наглядностью огнеустойчивость гипсовых стен может быть охарактеризована на основании результатов опустошительного пожара в селе Борнуково в 1938 г. В районе действия огня, уничтожившего более 140 построек, без всяких дефектов сохранились лишь стены зданий, сложенных из гипсо- вых блоков, несмотря на то, что все деревянные элементы их были уничтожены огнем или сильно обгорели (рис. 12).

Приведенные выше данные с исчерпывающей наглядностью показывают высокую огнестойкость гипсовых блоков, а следо- вательно, и возможность их применения для огнестойких зданий, а также для защиты металлического каркаса от влияния огня.

Повышение механической прочности гипсовых материалов. При изготовлении гипсовых элементов можно достигнуть зна- чительного повышения их механической прочности как физико- механическими, так и физико-химическими мерами. Как указы- валось выше, некоторое повышение временного сопротивления материала достигается уже улучшением технологического про- цесса отливки изделий—дополнительным просевом штукатурного гипса и уменьшением одновременно водоудерживающего отношения до пределов, допустимых в условиях заводского производства. Если в лабораторной обстановке можно изготавливать образцы или отдельные элементы при небольшом водогипсовом отноше-

нии, обычно в пределах 0,45—0,50, что соответствует пластичной консистенции массы, то в условиях строительной площадки или небольшого заводского производства придется прибегнуть, в целях облегчения отливки, к увеличению количества воды, идущей на формовку. Это мероприятие, однако, снизит в свою очередь возможный эффект использования фактора уменьшения водовяжущего отношения и дисперсности гипса.

В случаях многоэтажного строительства или повышенных требований к прочности и плотности гипсовых деталей (облицовочные плитки, несущие блоки для перекрытий и для стен высоких зданий, кровельная черепица и пр.) получение более прочных изделий явится существенной необходимостью.

Одно из простейших мероприятий—применение тонко молотого гипса и особенно пониженного водогипсового отношения. В последнем случае не исключена необходимость добавки замедлителей, позволяющих достигнуть более совершенного перемешивания компонентов, так как такой замедлитель ведет к удлинению сроков схватывания гипса.

До настоящего времени в СССР нет еще полностью освоенных в производственной обстановке и вполне оправдавших себя замедлителей схватывания гипса. Однако, работа в этой области продолжается, и мы являемся свидетелями все новых и новых рецептур и предложений.

Кератиновый замедлитель получается в результате варки рогов и копыт животных в растворе едкого натра. Управлением стройматериалов и стройдеталей Моссовета рекомендуется следующий порядок приготовления жидкого замедлителя

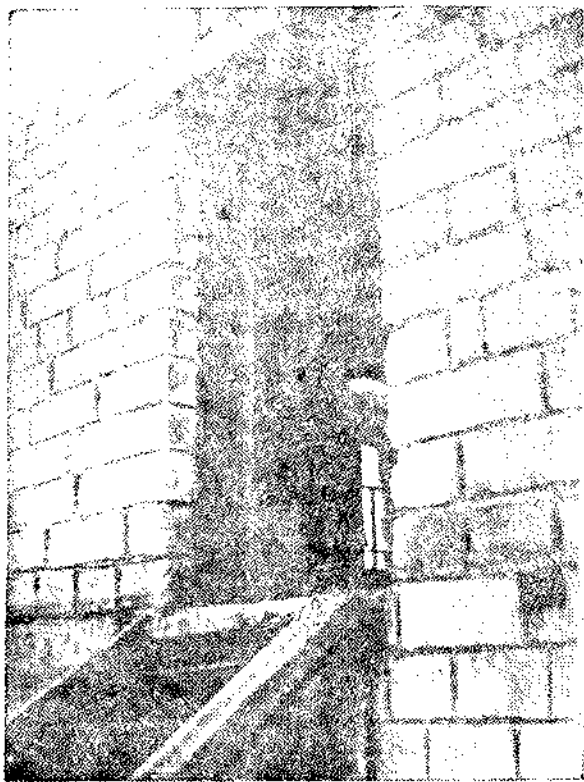


Рис. 12. Вид части здания из гипсовых блоков в селе Борнуково после пожара 1938 г.

схватывания. Каустическая сода растворяется в горячей воде (150 г соды на 1 л воды). Рога и копыта, помещенные в деревянные бочки, заливаются указанным выше раствором и выдерживаются 2—3 суток до размягчения. Варка в чугунных котлах длится, в зависимости от результатов предварительной обработки, от 2 до 8 часов, после чего остывшую жидкость процеживают через металлическое сито с диаметром ячеек 0,15 мм. Во время варки массу, во избежание пригорания, систематически перемешивают деревянными веслами. Варка замедлителя производится на открытом воздухе под навесом.

Для замедления схватывания гипсовой массы до 30—40 минут достаточно 0,05—0,2% сухого вещества (от веса гипса). Несмотря на то, что некоторое снижение прочности гипсовой отливки, вызываемое его применением, не имеет существенного значения, так как перекрывается повышением прочности за счет уменьшения водогипсового отношения.

Замедлитель, приготовляемый из отвара сена, — «декокт» — проверенный инж. Коцоурек (ЦНИЛ 21, Куйбышев), дает также положительные результаты, ибо способствует удлинению срока схватывания гипса до 30 мин. при добавке 5% отвара, до 18 мин. при 2,5% и до 7 мин. при 1% замедлителя. Процесс получения отвара отличается примитивностью: сухое сено, измельченное на соломорезке, помещается в котел (2,5 кг на 10 л воды), в котором вода нагревается до кипения. Через 5—10 минут после запарки отвар процеживается и затем охлаждается.

По данным инж. Коцоурека, лучшим замедлителем является сухой порошок «клейрот», приготовляемый из отходов клешевины (производство касторового масла). Он содержит 65—75% белковых веществ и 3% клея с добавлением 1—2% едкого или фосфористого натрия и гашеной извести.

Для отливки гипсовых деталей достаточно добавлять всего 0,2—1,0% клейрота, что дает замедление схватывания материала от 9 до 22 мин.

Как и при использовании керотина, два последние замедлителя снижают прочность гипсовой отливки приблизительно на 10%, но способствуют в то же время уменьшению водогипсового отношения. Следует отметить, что предлагаемые замедлители, содержащие преимущественно органические вещества, должны быть проверены с точки зрения продолжительности влияния на гипсовые материалы, ибо не исключена возможность с течением времени понижения механической прочности изделий.

Сильное влияние на сроки схватывания гипса оказывает, как известно, клей, употребляемый в небольшом количестве. Так добавка 0,2% клея ведет к замедлению схватывания гипса до 20 и более минут, без заметного, однако, снижения механической прочности отливки. Дальнейшее увеличение количества клея уже нежелательно, так как клей не обеспечивает, по наблюдениям ряда исследователей, устойчивость механической прочности изделий во времени. По данным инж. Е. В. Костырко

¹ «Стандартизация гипсовых материалов», 1936 г., стр. 19.

влияние клея зависит от многих факторов — сроков схватывания гипса, активности замедлителя и т. п. Для предупреждения загустевания в клеевой раствор (40 весовых частей клея на 100 частей воды) вводится 1,5% каустической соды от веса сухого клея или 4% извести-кипелки.

К числу замедлителей, возможных к использованию в промисловственных условиях, следует отнести $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Известковое тесто, применяемое у нас для штукатурных работ совместно с гипсом, обычно в пропорции, близкой к соотношению 1:0,5:0,5 или 1:0,5:1 (гипс, известковое тесто, песок), вводится главным образом с целью удлинения сроков схватывания раствора для возможности спокойного выполнения рабочих операций. При изготовлении гипсовых элементов такой избыток известковой части сложного раствора не нужен. С другой стороны небольшая прибавка $\text{Ca}(\text{OH})_2$ не приносит существенной пользы с точки зрения удлинения сроков схватывания материала.

Результаты наших исследований, подтверждающие эти положения о влиянии известкового теста на скорость схватывания гипса и на механическую прочность отливки, сведены в табл. 14 и 15.

Таблица 14

Рецептура	Соотношение	Количество воды в %	Схватыв. в мин.		Времен. сопротивл. растаяж. в кг/см ²		Времен. сопротивл. сжатию в кг/см ²		
			начало	конец	7 дней	28 дней	7 дней	28 дней	3 месяца
Гипс	1 : 0	50	13	21	13,26	20,32	42,3	92,1	—
Гипс+известк. тесто	1 : 0,3	37,5	18	28	5,70	12,32	33,2	50,8	—
То же	1 : 0,5	32,0	22	37	4,68	8,25	21,3	39,7	—
Гипс+известк. тесто+песок	1:0,5:0,5	32,8	18	37	3,36	—	18,2	45,5	41,84
То же	1 : 1 : 1	29,0	40	4 ч. 03 м.	рвутся	4,28	рвутся	19,8	31,42
То же	1 : 1 : 2	30,9	50	4 ч. 18 м.	"	5,79	"	18,0	20,02

Примечание. Вода исчислялась по отношению ко всей смеси (гипс, известь), чтобы сохранить одну и ту же рабочую консистенцию.

Таблица 15

Рецептура	Известковое тесто в %	В Г	Схватыван. в минутах		Времен. сопротивл. сжатию в кг/см ²			
			начало	конец	7 дней	14 дней	28 дней	3 месяца
Гипс	0	0,63	6	13	52,3	60,6	96,7	89,3
Гипс+известковое тесто	2	0,63	7	15	63,2	89,5	89,6	95,1
" "	5	0,63	7,5	16	57,6	81,9	104,2	114,7
" "	15	0,63	8	18,5	48,2	61,3	96,6	91,6

Примечание. Вода исчислялась по отношению к весу гипса. Известковое тесто имело нормальную влажность.

Весьма показательны были бы результаты сушки кубиков из гипса и известкового теста в течение продолжительного срока хранения, однако эти данные, к сожалению, отсутствуют в табл. 14.

Параллельно с указанными здесь данными сроков схватывания и механической прочности гипсовой отливки интересно привести аналогичные показатели для гипса с добавкою извести-кипелки (табл. 16). Как и следовало ожидать, СаО способствует некоторому ускорению сроков схватывания гипса и в то же время значительному нарастанию механической прочности изделия. Последнее положение вполне понятно, если учесть, что процесс схватывания и твердения гипса с извести-кипелкой происходит со значительным экзотермическим эффектом, способствующим более быстрой сушке материала. Кроме того, введением извести-кипелки механически уменьшается водогипсовое отношение и активизируется та часть гипса, которая содержится в материале в намертво обожженном виде¹.

Таблица 16

Рецептура	Извести-кипелка в %	В Г	Схватыван. в минутах		Времен. сопротивлен. сжатию в кг см ²			
			начало	конец	7 дней	14 дней	28 дней	3 месяца
		Г						
Гипс	0	0,63	9	18	52,3	60,5	96,7	89,3
Гипс+извести-кипелка .	2	0,63	9	17	57,2	80,1	105,5	108,7
" " "	5	0,63	9	16	58,7	71,4	121,0	119,0
" " "	15	0,63	9	15	73,4	86,6	146,1	172,0

Следует подчеркнуть, что сроки начала схватывания гипса с добавкою извести-кипелки, как показала многократная наша проверка, почти не изменяются. Это объясняется тем обстоятельством, что гашение молотой извести-кипелки происходит не сразу по затворении водой, а лишь после некоторого промежутка времени, что и нашло свое отражение в наших исследованиях.

По литературным данным (акад. П. П. Будников, проф. В. Н. Юнг и др.), к веществам, понижающим растворимость гипса и являющимся поэтому замедлителями схватывания гипса относятся, помимо указанных выше, следующие: казеин, таннин, спирт, сахар, бура и др. Эти замедлители по разным причинам не получили промышленного значения.

Как видим, вопрос о наиболее рациональных замедлителях схватывания гипса нельзя еще считать решенным, а это является существенным препятствием к широкому использованию приема искусственного понижения водовязущего фактора. Для уменьшения количества воды при отливке можно использовать путь ускорения приемов смешивания полусухой смеси наряду с комплексной механизацией всех технологических процессов.

¹ П. П. Будников. Гипс и его исследование, 1933 г., стр. 33.

Заслуживают внимания работы, проведенные в этом направлении мраморщиком Н. А. Карповым (Горький, Стройгаз). Автор предлагает при формовке гипсовых деталей подавать в формы одновременно гипс и воду, т. е. без предварительного приготовления гипсового теста. Гипс сыпается в форму тонкой струей и одновременно равномерно смачивается водой из перфорированной трубки. В целях уплотнения и более равномерного увлажнения масса в дальнейшем подвергается прессованию. Эти опыты нельзя считать законченными; мы отмечаем их, как интересные приемы, направленные к решению задачи о сокращении времени, затрачиваемого на процесс смачивания гипса и перемешивания гипсовой массы.

В производственных условиях, решающим мероприятием по повышению механической прочности гипсовых изделий является применение вибрации, прессования или трамбования. Формование, связанное в этом случае со значительным уменьшением водовязущего отношения, имеет большое практическое значение, так как ведет, во-первых, к уменьшению сроков сушки изделий, а, во-вторых, к возможности транспортировки деталей в более короткие сроки, чем при изготовлении их литым способом.

Вибрация допускает работу влажной смеси при водогипсовом отношении 0,35—0,40 при изготовлении чисто гипсовых элементов без замедлителей, схватывания и в пределах 0,45—0,50 для гипсошлаковых деталей. Естественно, что точная величина водогипсового отношения устанавливается лабораторными испытаниями в зависимости от активности гипса и замедлителя, структуры, качества и влажности заполнителей, механизации процессов смешивания массы и размеров формируемого элемента. Недостаточная изученность этих вопросов не дает возможности говорить еще о математических законах, сопровождающих явления вибрации.

Для вибрирования можно использовать как тисковые вибраторы, так и вибрационные площадки.

Результаты сравнительных испытаний литых и вибрированных кубиков размером $14 \times 14 \times 14$ см как гипсовых, так и с различными заполнителями, изготовленных без замедлителя схватывания гипса, приведены в табл. 17.

Наши исследования в значительной степени совпадают с выводами других авторов. Так, инж. И. Е. Гайсинский (Академия коммунального хозяйства) в отчете по теме „Разработка технологии гипсовых стройдеталей“ приводит следующие сравнительные данные (табл. 18) для кубиков $14,2 \times 14,2 \times 14,2$ см и для балок на изгиб $90 \times 7 \times 7$ см.

Как и в предыдущей таблице, результаты испытаний не дают точного представления о функциональной зависимости механической прочности пластичных и вибрированных образцов от тех или иных компонентов, но значение этого вида уплотнения (вибрации) гипсовой массы в связи с уменьшением водовязущего отношения подчеркнуто с полной очевидностью.

Таблица 17

Рецептура (состав по весу)	Временное сопро- тивление сжатию в кг/см ²		Повышение прочности в %	Примечание		
	В	Г				
		литые			В Г	вибрир.
Гипс	0,50	42,48	0,40	64,35	50,6	1. Влажность известкового теста и запол- нителей не учитывалась 2. Вода исчи- слялась по от- ношению веса гипса
Гипс+шлак 1 : 1	0,60	41,48	0,46	57,12	37,7	
Гипс+шлак 1 : 1, известь- кипелка 15%	0,60	41,28	0,46	49,71	22,1	
Гипс+шлак 1 : 1, известко- вое тесто 10%	0,60	41,43	0,46	67,97	64,2	
Гипс+кирпичная щебенка 1 : 1	0,60	31,21	0,50	44,71	43,3	
Гипс+кирпичная щебенка 1 : 1, известь-кипелка 15%	0,60	33,38	0,50	57,06	71,1	
Гипс+кирпичная щебенка 1 : 1, известковое тесто 10%	0,60	35,05	0,50	64,87	85,1	

Существенным преимуществом вибрационного способа укладки и уплотнения гипсовой массы перед прессованием или трамбованием являются прежде всего экономические показатели. Стоимость вибрационных установок, хорошо освоенных за последние годы при изготовлении и укладке бетона, несомненно, много ниже, чем стоимость оборудования для прессования или трамбования деталей. Кроме того, при вибрации мы не связаны ни с размерами элементов, ни с их формой, в то время, когда прессование или трамбование встречают значительные затруднения при изготовлении крупных и особенно пустотелых изделий.

Прессование позволяет проводить работу с еще меньшим количеством воды, идущей на увлажнение, чем при вибрации, ибо давление, применяемое в этом случае, способствует более

Таблица 18

Рецептура (по весу)	$\frac{B}{\Gamma}$	Влажность в %	Сопротивл. сжатию в кг/см ²	Влажность в %	Сопротивл. изгибу в кг/см ²
А. Пластичные					
Гипс	0,35	6,4	85	0,6	37
Гипс+шлак 1 : 1	0,45	6,7	59	0,8	28
Гипс+шлак 1 : 2	0,58	8,0	51	0,5	22
Б. Вибрированные					
Гипс	0,30	4,6	118	0,1	52
Гипс+шлак 1 : 1	0,41	3,7	87	0,2	41
Гипс+шлак 1 : 2	0,52	3,6	63	0,2	33

равномерному распределению влаги в смеси и самой массы в формах. Водовязущий фактор может быть принят близким к теоретическому, отражающему расход воды на перевод строительного гипса из полугидрата в дигидрит. Следует подчеркнуть, что такое ограниченное количество воды, идущей на увлажнение массы, обязывает нас вести работу с предельной тщательностью, чтобы закончить прессование до начала схватывания гипса.

Результаты наших исследований влияния прессования на механическую прочность гипсовых образцов приведены в табл. 19.

Таблица 19

Материал	Способ изготовления образцов	В	Временное сопротивление сжатию в кг/см ²
		Г	
Гипс	Литые	0,50	75,2
"	Прессованные 25 кг/см ²	0,30	151,0
"	" 50 кг/см ²	0,30	149,0
"	" 100 кг/см ²	0,30	148,0
Гипс + опилки 1 : 1 (по объему)	Литые	0,85	13,9
То же	Прессованные 25 кг/см ²	0,40	69,0
"	" 50 кг/см ²	0,40	88,0
Гипс + опилки 1 : 1 (по объему)	" 100 кг/см ²	0,40	113,0
Гипс + шлак 1 : 1 (по объему)	Литые	0,60	47,6
То же	Прессованные 25 кг/см ²	0,40	76,0
"	" 50 кг/см ²	0,40	90,0
"	" 100 кг/см ²	0,40	90,0

Примечание: 1) литые кубики размером 7×7×7 см; 2) прессованные образцы цилиндрической формы при d=8 см.

Для исчерпывающих выводов по вопросу влияния прессования на механическую прочность изделий укажем еще на результаты исследований, которые провели инженеры А. Б. Гепелев (Куйбышевпромстрой) и П. А. Патрин (Сталинабад).

Из работ А. Б. Гепелева приведем табл. 20, данные которой характеризуют временное сопротивление сжатию гипсовых цилиндров, подвергнутых давлению в пределах от 50 до 300 кг/см².

Таблица 20

Материал	В Г	Давление в кг/см ²	Времен. сопротивл. сжатию кг/см ²	
			максимальное	минимальное
Гипс	0,16	300	468	320
"	0,16	250	568	272
"	0,16	200	460	240
"	0,16	100	444	204
"	0,16	50	376	180

Данные табл. 20 показывают, что наибольшую величину

временного сопротивления сжатию дают образцы при прессовании под давлением 250 кг/см². Резкие колебания—от максимума в 568 кг/см² до минимума в 272 кг/см² для одной и той же партии и одного и того же давления—указывают на недочеты эксперимента, из которых основными, видимо, являются неравномерность увлажнения массы и схватывание гипса до начала прессования. Следует подчеркнуть полную нецелесообразность применения высоких давлений.

Характерной особенностью работ инж. П. А. Патрина в отличие от работы А. Б. Гепелева в данном вопросе надо считать применение при прессовании не-

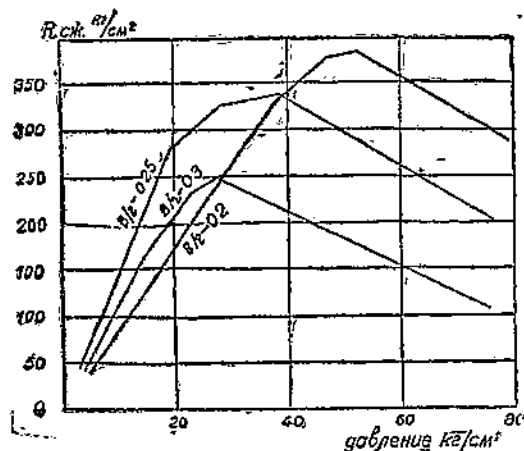


Рис. 13. Зависимость прочности гипсовых образцов от величины прессового давления.

изготовления несложного оборудования для получения прессованных изделий при сравнительно небольшом прессовом давлении.

Из рассмотрения рис. 13 следует, что каждому водогипсовому отношению соответствует определенное оптимальное давление, при котором гипсовый образец приобретает наибольшую прочность. Так, при $\frac{B}{G} = 0,20$ максимальная прочность полу-

чена при давлении в 50 кг/см², для $\frac{B}{G} = 0,25$ —при давлении в 30 кг/см² и для $\frac{B}{G} = 0,30$ потребовалось давление всего лишь в 25 кг/см². Вполне естественно, что масса с меньшим содер-

жанием влаги требует большего давления, так как труднее поддается равномерному смачиванию.

Для гипсобетонов с органическими или минеральными заполнителями инж. Патрин получил значения временного сопротивления сжатию почти в два раза меньшие, чем при прессовании чисто гипсовых образцов, что также соответствует нашим показателям.

Анализируя приводимые выше данные исследования влияния прессования на механическую прочность гипсовых и гипсобетон-

ных
ние
цел
дел
сыл
сов
бол
тор
риа

пре
эле
1,5-
нен
(таб

Г

же
низ
и
Тр
ра:

ных деталей, надо отметить, что для многих изделий применение давления при формовке окажется весьма эффективным и целесообразным. Однако величину этого давления в каждом отдельном случае надо обосновать как теоретическими предположениями, так и опытными исследованиями. Очевидно, что прессование облицовочных или половых гипсовых плиток потребует большего давления, чем изготовление стеновых блоков, в которых не следует ухудшать теплотехнические свойства материала излишним его уплотнением.

Трамбование гипсовых материалов дает так же, как и прессование, значительное повышение временного сопротивления элементов сжатию. Так, по нашим наблюдениям трамбование в 1,5—2 раза повышает механическую прочность образцов по сравнению с прочностью литых и даже вибрированных изделий (табл. 21).

Таблица 21

Материал	Способ изготовл.	$\frac{B}{\Gamma}$	Временное сопротивление сжатию		
			7 дн.	14 дн.	28 дн.
Гипс 7×7×7 см	Литой	0,50	43,7	62,2	94,1
То же	Вибрир.	0,50	47,2	69,5	100,4
" "	Прессов. 120 кг/см ²	0,28	—	209,7	—
" "	Трамбов. 60 удар.	0,30	99,9	148,4	162,9

Лаборатория треста Стройгаз (инж. Б. Г. Серебровекий) также провела ряд испытаний по определению влияния трамбования на механическую прочность сжатию гипсовых материалов и получила результаты, полностью совпадающие с нашими. Трамбование кубиков выполнялось на копре Клебе.

Приведем некоторые средние показатели, полученные лабораторией треста (табл. 22).

Таблица 22

Материал	Способ изготовле- ния	$\frac{B}{\Gamma}$	Временное сопротивление сжатию	
			R_t	Высушен до постоян. веса
Гипс	Литой	0,60	27,70	58,49
"	"	0,40	69,17	107,40
"	Трамбов. 20 кгм р.	0,30	122,40	143,50
"	Трамбов. 40 кгм р.	0,27	130,00	166,30
"	68 кгм р.	0,25	139,40	212,54

Для гипсобетона с заполнителями—котельным шлаком или опилками—приведем следующие показатели (табл. 23):

Таблица 23

Рецептура (по весу)	Способ изготовления	В	Объемный вес кг/см ³	R сж. кг/см ² на 14-й день
		Г		
Гипс+опилки 1 : 0,10	Литой	0,80	0,93	16,0
То же 1 : 0,25	"	1,25	0,63	4,4
Гипс+шлак 1 : 1	"	0,80	0,97	25,3
То же 1 : 1	"	0,67	1,00	29,3
" " 1 : 1	Трамбов. 68 кгм раб.	0,30	1,30	76,0
Гипс+опилки 1 : 0,50	Трамбов. 68 кгм раб.	0,60	0,92	20,0

По данным научных сотрудников Куйбышевского инженерно-строительного института П. Малова, С. Жиркович и М. Ступникова¹, трамбованные гипсошлаковые блоки при рецептуре 1:1:0,8 (гипс, шлак, вода) уже через 1—2 часа после изготовления приобретают прочность на сжатие в пределах от 32 до 52 кг/см², что позволяет транспортировать их и укладывать в стены.

Как трамбованные, так и прессованные гипсовые и гипсобетонные элементы обладают значительно большей водостойкостью и лучшим сопротивлением атмосферным влияниям, чем литые и даже вибрированные. Если из учета повышенной механической прочности таких материалов с заполнителями принять более тощую рецептуру формируемой массы, то можно достигнуть некоторой экономии расхода самого вяжущего на единицу продукции.

Следует отметить, что процесс трамбования гипсовых изделий отличается сравнительной сложностью, так как требует затраты большего времени, чем при вибрации или прессовании. Кроме того, соответствующее оборудование для изготовления гипсовых элементов методом трамбования еще не освоено у нас в Союзе. Вот почему в ближайший период времени получают преимущественное распространение способы формовки при помощи вибрирования или давления в зависимости от потребной плотности и прочности изделий. Особенно большие трудности возникают при решении задачи конструирования установок для прессования и трамбования пустотелых или крупных элементов зданий.

В технической литературе, как отечественной, так и зарубежной, мы находим указание на многочисленные попытки создания прочных или высокопрочных гипсовых изделий путем ввода катализаторов или разнообразных добавок в обыкновенный строительный гипс. Особенным богатством предложений отличается патентная литература США, где, вообще говоря, гипсовая промышленность является самой мощной в мире.

Выпускаемые в США гипсовые строительные материалы, в силу тщательности изготовления и высоких технических требований стандарта, характеризуются большим разнообразием ас-

¹ «Строительная газета» № 140 от 24 декабря 1940 г.

ассортимента и широким диапазоном их качества. Это одно уже позволяет рационально использовать их в строительстве.

Из высокопрочных гипсовых материалов наибольшее распространение в США получил цемент Кина, изготавливаемый методом двойного обжига и двойного затворения гипса на растворе квасцов. Хотя такой продукт и отличается большой прочностью и способностью принимать полировку, но высокая температура второго обжига (800—900°) и необходимость двухкратной пропитки материала алюминиевыми квасцами сильно снижают его ценность для широкого применения в строительстве.

При четко поставленном технологическом процессе цемент Кина может дать временное сопротивление сжатию 500 кг/см² и выше.

Лабораторией отделочных работ Академии архитектуры СССР получен высокопрочный гипс¹, почти не уступающий по своим показателям цементу Кина, но отличающийся от последнего упрощенной технологией изготовления. Для получения высокопрочного гипса „ЛОР“ дробленая гипсовая порода замачивается в десятипроцентном растворе алюмо-кальевых квасцов, высушивается, обжигается при температуре 550—575°, охлаждается и размалывается в порошок до нужной тонкости.

Средние данные прочности гипса „ЛОР“ и скорости его схватывания приведены в табл. 24.

Таблица 24

В Г %	Скорость схватывания в часах		Временное сопротивление разрыву в кг/см ²			Временное сопротивление сжатию в кг/см ²		
	начало	конец	1 дн.	7 дн.	28 дн.	1 дн.	7 дн.	28 дн.
0,40	0—37	1—55	23,5	44,9	—	203,1	235,7	270,3
0,40	2—08	4—03	9,6	35,9	43,2	58,5	238,3	312,3
0,40	0—40	1—15	—	36,8	43,1	214,0	226,1	375,5
0,40	1—37	2—54	17,3	48,5	—	149,2	195,2	312,1
0,40	2—40	6—12	3,4	30,6	35,8	22,0	226,8	273,5
0,35	2—37	4—07	6,0	39,2	40,1	62,4	257,8	399,0

Как и цемент Кина, высокопрочный гипс обладает способностью полироваться, отличаясь плотностью и фарфороподобной структурой. К отрицательным показателям гипса „ЛОР“ относятся дополнительные процессы при выработке продукта—дробление сырой породы, замачивание в растворе квасцов, сушка материала и сравнительно высокая температура обжига.

Новый метод получения высокопрочного гипса из ангидрита и сульфатированной глины предложен в 1938 году акад. П. П. Будниковым совместно с К. Ф. Мухиным и инж. Д. З. Ильиным².

¹ М. П. Элинзон. Отделочный высокопрочный гипс в архитектуре, изд. Акад. архит. 1940 г.

² Там же, стр. 19.

Ангидрит, получающийся обжигом гипсового камня при 600—700°, размалывается совместно с обожженным при температуре 750° каолином или глиной, а затем смесь компонентов обрабатывается серной кислотой. По данным П. П. Будникова, „кремнезем сульфатированной глины, находясь в тонко-дисперсном состоянии, способствует уплотнению ангидритового цемента“, что и придает изделиям из него повышенную прочность, соответствующую прочности цемента Кппа. Как видим, здесь необходима повышенная температура обжига не только алебастрового камня, но и добавки, что, несомненно, осложняет производство такого высокопрочного гипса.

Повышенной прочностью обладает гипсобетон, предложенный центральной лабораторией строительных материалов Академии коммунального хозяйства на основе полуводного гипса, гранулированного доменного шлака и извести. Такой гипсобетон, естественно, обладает и повышенной водостойкостью, позволяющей применять его в местах, подверженных агрессивным влияниям атмосферы. Как правило, все образцы показали большую устойчивость временного сопротивления как сжатию, так и растяжению, чем чисто гипсовые, особенно при комбинированном их хранении. Наиболее благоприятные результаты дал трехкомпонентный состав: 60% гипса, 5% пушонки и 35% гранулированного шлака. Результаты испытания некоторых партий гипсобетона при равном соотношении компонентов приведены в табл. 25.

Таблица 25

Рецептура	Водяющее отношение	Сопротивление растяжению		Сопротивление сжатию	
		воздуш- ное хранение 28 дн.	комби- ниров. хранение 3 мес.	воздуш- ное хранение 28 дн.	комби- ниров. хранение 3 мес.
Гипс строительный вареный . .	0,60	17,5	3,4	95	31
Гипс 75% + пушонка 4% + гр. шлак 21%	0,54	16,0	8,3	78	38
Гипс 60% + пуш. 4% + гр. шлак 36%	0,48	16,1	15,7	92	46
Гипс 60% + пуш. 6% + гр. шлак 34%	0,49	15,9	11,8	99	52
Гипс 60% + пуш. 10% + гр. шлак 30%	0,50	16,1	16,8	94	51

Поведение гранулированных доменных шлаков в гипсовых отливках должно быть тщательно проверено во времени, ибо имелись случаи растрескивания блоков под влиянием атмосферной агрессии.

Надо отметить, что возможность применения гранулированных доменных шлаков ограничена районами, обладающими запасами гипсового камня и одновременно имеющими металлургическое производство, так как транспортировать шлаки на большие расстояния вряд ли рентабельно. Этот вопрос может быть решен в каждом отдельном случае в зависимости от местных условий.

00—
ера-
об-
ова.
ерс-
мен-
сть,
цесь
аст-
про-

ный
мин
ину-
гон,
ялю-
ния-
гую
ра-
юм
ом-
ро-
бе-
25.
5

Из многочисленных предложений, направленных к получению прочного или высокопрочного материала методами физико-химического воздействия, кроме указанных выше, трудно выбрать такие, которые отличались бы простотой изготовления, доступностью оборудования и применяемых реактивов и не требовали бы высокой температуры обжига. Сюда относятся камни Аббе, цемент Тимофеева, цемент Скотта и др. Рекомендующие ими приемы изготовления изделий, отличаясь сложностью, не могут дать продукта широкого промышленного значения.

Надо подчеркнуть, что основное направление, которое следует принять в первую очередь в народнохозяйственных интересах нашей страны,—это значительное улучшение качества выпускаемого с заводов строительного гипса путем использования нового оборудования и строгого контроля за процессами обжига сырья, размола, хранения и транспортировки материала. Это одно позволит во многих случаях обходиться без применения специальных мероприятий для повышения прочности гипсовых материалов, особенно если учесть те приемы, которые описаны выше для улучшения качества выпускаемых изделий.

В этой связи заслуживают серьезного внимания работы, проводимые как у нас, так и за границей по улучшению технологического процесса получения строительного гипса методом "пропаривания" гипсового камня в автоклаве.

Основная цель пропарки алебастрового камня в автоклаве взамен обжига—это стремление достигнуть одинакового и равномерного прогрева гипсового камня по всей толще, так как обжиг его в производственных условиях обычно не обеспечивает однородности конечного продукта.

Отсылая интересующихся непосредственно к статьям авторов предложений по изготовлению автоклавного гипса, отметим здесь, что если характеристика положительных свойств такого гипса получит подтверждение в производственных условиях и экономические преимущества действительно будут на стороне этого нового материала, то он получит широкое промышленное значение для изготовления высокопрочных деталей.

Исключительный интерес представляют работы, проводимые за последнее время как в США, так и в СССР по повышению качества гипса путем изготовления его в специальных агрегатах—демпферах.

Впервые производство гипса в демпферах начато у нас в Союзе на установке Наркомстроя в районе гор. Стерлитамака по способу инж. Ф. Т. Садовского и А. С. Шкляра.¹ Уже начальные испытания показали, что демпферный гипс может быть широко использован для изготовления стеновых камней, для монолитных и сборных гипсоармированных покрытий промышленных сооружений, для облицовочных плиток и других элементов зданий.

Технология производства демпферного гипса с достаточной полнотой освещена в № 8—9 журнала "Строительная промыш-

¹ Инж. А. С. Шкляр. Высокопрочный гипс, Стройиздат. 1943 г.

ленность" за 1942 г. и в работах авторов предложения. Там же мы находим данные по физико-механическим свойствам высокопрочного гипса и описание опытов изготовления из него строительных конструкций. Здесь уместно будет лишь отметить, что возможность сравнительно легко регулировать в демиферах интенсивность технологических операций, наряду с совершенно правильным методом обработки гипсового камня парами воды под давлением (с последующей сушкой продукта обработки), облегчает задачу получения однородного материала высокого качества.

Пористые (ячеистые) гипсы. Около 60 лет тому назад в США был выдан первый патент De Witt C. Sanford¹ на изобретенный им пористый материал из гипса, смешанного с небольшим количеством очищенного двууглекислого натра (бикарбонат натрия NaHCO_3). Выделяющийся при этом углекислый газ, производя вскипание смеси, создает пористый материал небольшого объемного веса. Почти все последующие химические методы получения пористого гипса базировались на основной рецептуре Санфорда с тем или иным изменением входящих компонентов.

Получение достаточно прочного, обладающего малым коэффициентом теплопроводности и небольшим объемным весом материала представляет, несомненно, значительный практический интерес. С большой эффективностью такой материал может быть использован во многих конструктивных элементах зданий в качестве теплоизоляционной или звукоизоляционной защиты, а также как заполнитель, облегчающий вес основного элемента.

Наконец, не исключена возможность получения на основе легких или пористых гипсобетонов армированных элементов, в которых соединены несущие и утепляющие функции материала (например, кровельные плиты промазаний и др.).

Санфорд предложил несколько рецептов пористого гипса. Укажем некоторые из них:

1. Гипса 24 части, двууглекислого натра $\frac{1}{11}$ части, 16 частей воды. Эта смесь рекомендуется, как наиболее огнеупорная по сравнению с другими, но обладающая меньшей пористостью и большим объемным весом, чем последующие рецепты.

2. Гипса 24 части, $\frac{3}{5}$ части двууглекислого натра, $\frac{1}{2}$ части размельченной канифоли, 18 частей воды. Добавка клея, глицерина или глюкозы повышает прочность и плотность массы.

3. Гипса 24 части, $\frac{1}{2}$ части двууглекислого натра, $\frac{1}{4}$ части клея, 18 частей воды.

Гипс и двууглекислый натр могут быть смешаны в сухом состоянии и лишь затем добавляется вода. Можно поступить иначе: двууглекислый натр сначала хорошо растворить в воде и затем уже всыпать гипс.

Как видим, способ Санфорда основан на химическом взаимодействии основного материала—гипса и добавки (NaHCO_3), в результате чего образуется газ, равномерно

¹ "Rock Products", September 28, 1929 r., Joseph Rossman, Washington.

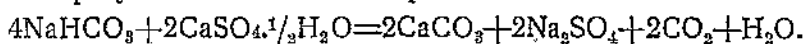
распределяющийся по всей массе отливки. Такой газогипс обладает значительным количеством мелких пор, в пределах от 1 мм и меньше, которые и обеспечивают легкость веса и высокие теплозащитные свойства этого материала.

По литературным данным, добавка к шихте канифоли, муки, клеевых, мыльных или смолистых веществ ускоряет газообразование, а добавка глюкозы, патоки или глицерина повышает твердость и плотность оболочки ячеек пористого гипса. Наоборот, добавка таких органических заполнителей, как бумажная масса и древесный уголь, увеличивает пористость и облегчает вес материала, но, несомненно, понижает его механическую прочность. Не исключается возможность применения и таких минеральных заполнителей, как глина, зола и т. п. В зависимости от влияния тех или иных заполнителей и химических добавок, можно получить пористый материал с широким диапазоном теплоизоляционных и огнезащитных свойств, объемного веса, плотности и механической прочности отливки.

При изготовлении газогипса рекомендуется соблюдать некоторые предосторожности для обеспечения успеха дела. Так, лучше готовить отдельные растворы требуемой смеси из всех составных частей, которые следует тщательно растворить и затем уже произвести общее перемешивание. Допускается сухое смешивание гипса и двууглекислого натрия и соединение канифоли с раствором натрия, но клей и глюкоза смешиваются лишь в последний момент. Во всех случаях следует соблюдать самые короткие сроки смешивания массы до отливки ее в формы. Другой метод производства пористого гипса основан на выделении газа в результате химического взаимодействия веществ, вводимых в шихту, и, наконец, третий способ основан на применении пенообразующих эмульсий.

Первый метод образования пористого гипса нами проверен путем применения двууглекислого натрия (бикарбонат натрия— NaHCO_3), обычно используемого для технических, хозяйственных и фармацевтических целей под наименованием очищенной пищевой соды. Огромные преимущества этого способа образования пористого гипса заключаются в том, что он отличается сравнительной простотой, безопасностью в производстве и не требует для своего осуществления какого-либо специального оборудования.

Получение пористого гипса по этому способу состоит из следующих операций: 1,5—2,5% двууглекислого натрия (от веса гипса) растворяется в воде, заготовленной для гипсовой отливки (согласно принятому водовыяющему отношению). Гипс струей постепенно всыпается в воду и одновременно быстро перемешивается. Через 2—3 минуты масса начинает вскипать и подниматься в результате химической реакции



Образовавшийся углекислый газ равномерно распределяется по всей массе отливки, способствуя к моменту потери ею теку-

чести и к началу схватывания гипса получению стойкого продукта.

Как указывалось выше, регулирование скорости всей операции производится в каждом отдельном случае, в зависимости от качества гипса, изменением дозировки основных и газообразующих материалов и водовяжущего отношения лишь после лабораторных исследований на контрольных образцах.

Пористый гипс, полученный нами в лабораторной обстановке, как наиболее пригодный из ряда рецептов, обладает следующей характеристикой (табл. 26):

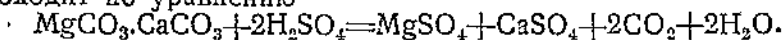
Таблица 26

Рецептура	В Г	Объемный вес кг/м³	R раст. кг/см²				R сж. кг/см²		
			7 дн.	14 дн.	28 дн.	60 дн.	14 дн.	28 дн.	120 дн.
Гипс+1,5% NaHCO ₃	0,45	870	5,3	4,8	4,7	4,7	8,3	16,6	14,2
Гипс+1,5% долом.+1% H ₂ SO ₄	0,70	750	—	—	—	—	—	9,5	12,9
Гипс+2,5% долом.+1% H ₂ SO ₄	0,70	780	—	—	—	—	—	4,5	15,4

Результаты испытаний дают нам право считать способ получения пористого гипса на основе двууглекислого натрия наиболее пригодным в производственных условиях и подлежащим внедрению в наше строительство.

Существенный недостаток—это дефицитность на сегодняшний день двууглекислой соды (бикарбоната NaHCO₃), однако для наших целей может быть с тем же успехом использован технический бикарбонат (сырой), являющийся промежуточным продуктом при производстве кальцинированной соды. Технический бикарбонат на 30—40% дешевле очищенной соды. Наличие в нем некоторого количества аммонийных солей не может оказать вредного влияния на гипсовую отливку.

Производство газогипса по второму методу, основанному на химическом взаимодействии самих веществ, вводимых в состав ячеистого гипса, нами проверен на основе доломитовой муки и серной кислоты. При взаимодействии этих веществ реакция проходит по уравнению



Как и в предыдущем случае, образовавшийся углекислый газ равномерно распределяется в гипсовой массе и создает пористую структуру при ее затвердении.

Лучший по свойствам ячеистый гипс из этой серии опытов получен нами при добавке 15% доломитовой муки и 2% крепкой серной кислоты при $\frac{B}{G} = 0,60$. Временное сопротивление растяжению такого газогипса равно 4,8 кг/см², временное сопротивление сжатию—8 кг/см², объемный вес—600 кг/м³.

Получение пористого гипса по этому методу связано с применением кислоты, которая требует очень осторожного обращения и кроме того является сильным разрушителем железа.

В условиях строительной площадки этот способ вряд ли может получить признание, тем более, что по качеству материала он уступает газогипсу, полученному по предыдущему методу.

Сведения о другом способе получения газогипса мы находим в статье инженеров М. С. Куроцапова и Т. С. Палагина¹, описавших опыт изготовления гипсолитовых плит в 1937 г. на Ленинградском заводе мозаичных изделий.

Как правило, пористые образцы дают значительное снижение механической прочности, при небольшом сравнительно понижении объемного веса материала. Инж. А. Б. Гецелев² получил пористый гипс, характеризующийся следующими показателями: а) объемный вес, в зависимости от консистенции массы и количества вводимой кислоты, колебался от 500 до 900 кг/м³; б) временное сопротивление сжатию через 28 дней для материала с объемным весом 900 кг/м³—в пределах 75—100 кг/см².

Недостатком этого способа изготовления газогипса следует считать высокую температуру обжига, ангидрита (600—700°).

Технические свойства легких гипсов на основе пенообразующих эмульсий разработаны Центральным научно-исследовательским институтом промышленных сооружений и инж. А. Б. Гецелевым³.

Пеногипс, рекомендуемый ЦНИПС, основан на образовании ячеистого материала из гипсового теста и концентрированной клееканифольной эмульсии.

Физико-механические свойства такого пеногипса характеризуются следующими показателями: объемный вес в пределах 400—800 кг/м³, механическая прочность в среднем около 14 кг/см², морозостойкость вполне удовлетворительная.

По мнению инж. А. Б. Гецелова, для производства ячеистого гипса необходимо применять гипс хорошего качества, полностью удовлетворяющий стандарту. Большое значение имеет тонкость его помола. Для того, чтобы пена не слишком сильно нарушала связь между кристалликами схватывающегося гипса, в результате чего получается слабый материал, следует изготавливать отливки сравнительно большего объемного веса, от 900 до 1000 кг/м³. Для такой отливки достаточно 25% клееканифольной эмульсии от объема гипсового теста.

На 1м³ пенобетона расходуется следующее количество компонентов: клея столярного — 200 г, воды 300—500 см³, канифоли 100 г, раствора едкого натра (20° Be) 200—150 см³. Перед употреблением эмульсия разбавляется водой в отношении 1:2 (эмульсия, вода).

По данным А. Б. Гецелова, значительно лучшие результаты получаются при использовании для образования пены мыльного

¹ „Строительные материалы“ № 10—11 за 1938 г.

² „Строительные материалы“ № 6 за 1937 г.

³ „Временная инструкция по изготовлению и применению гипсовых и гипсобетонных мелких блоков системы Булычева“. Стройиздат, 1941 г., и журн. „Керамика“, № 6 за 1939 г.

корня, содержащего до 4% сапонины, обуславливающего пенообразование. Применение мыльного корня не осложняет дела, так как он широко распространен в СССР.

Процесс получения пены состоит из следующих операций: тонко измельченный мыльный корень просеивается через сито 900 отв/см², заливается водой (1 часть корня на 125 вес. части воды) и взбалтывается до получения густой, стойкой пены (около 10 мин.). Параллельно производится затворение гипса водой, взятой в количестве 50% от веса гипса. Далее происходит уже полное перемешивание пены и гипсового раствора в течение 1 мин. до получения однородной массы.

Физико-механические свойства данного ячеистого гипса сведены в табл. 27.

Таблица 27

В Г	Объемн. вес пено- гипса кг/м ³	Времен. сопрот. сжатию кг/см ²	Расход гипса кг/м ³	Водопо- глощае- мость в %	Кэффи- циент тепло- провод- ности	Примечание
0,50	800	12—18	700	36,2	0,26	1. На сжатие испыты- вались кубики 10×10×10 см, вы- сушенные до по- стоянного веса 2. Ячеистые изделия не горят, но при действии огня раз- рушаются в местах прикосновения пла- мени
0,50	700	8—10	614	39,0	0,21	
0,50	600	6—8	572	46,0	0,17	
0,50	500	3—5	440	52,0	0,13	

Резюмируя изложенное выше по вопросу о пористом гипсе, следует отметить: вполне удовлетворительных способов получения прочного и в то же время легкого ячеистого материала на основе строительного гипса еще не получено. Относительно лучшие показатели физико-механических свойств дают газогипсы с двууглекислым натрием, тем более, что и самое изготовление такого материала в производственной обстановке проще, чем при использовании других рецептур. Следует отметить, что почти все указанные выше пористые гипсы могут найти применение в качестве теплоизоляционных слоев (заполнение пустотелых блоков, утепление кровельных плит и пр.), так как в этом случае можно обойтись материалом небольшой механической прочности.

ГЛАВА 3

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

К вопросу испытания полугидрата и готовых изделий. Установление более совершенных приемов испытания полугидрата, уточнение способов исследования качества готовой про-

дукции, равно как и создание новой высококачественной измерительной аппаратуры будут в значительной степени способствовать быстрому внедрению гипсовых деталей в строительство.

Некоторые приемы испытания, предусматриваемые действующим в настоящее время ГОСТ 125—41 на строительный гипс (взамен $\frac{\text{ОСТ}}{\text{ВКС}}$ 2645), вряд ли можно считать достаточно совершенными. Сюда надо отнести методику определения нормальной густоты теста, отсутствие испытаний гипсовых изделий на сопротивление сжатию, изгибу и удару, отсутствие указаний на рациональный режим сушки образцов и, наконец, недостаточную ясность в вопросах ускоренного определения механической прочности отливки.

По большинству указанных здесь вопросов мы не имеем исчерпывающих предложений, однако уже самая постановка на обсуждение некоторых предварительных данных принесет несомненную пользу.

Как мы видели выше, количество воды, применяемой на затворение теста, оказывает очень большое влияние на механическую прочность отливки. Таким образом точность методики определения нормальной густоты гипса имеет первостепенное значение.

Существовавший метод определения консистенции гипса по формуле, куда входили данные объемного и удельного веса исследуемых проб гипса, давал значительные отклонения соседних измерений, так как требовал от лаборанта больших навыков и исключительной точности в работе. В ГОСТ 125—41, утвержденном 31/I-1941 г., этот прием определения нормальной густоты гипса, уже не вошел. Определение водогипсового отношения рекомендуется производить при помощи вискозиметра Суттарда, т. е. медного или латунного цилиндра, имеющего внутренний диаметр 5,08 см и высоту 10,15 см. Как известно, смесь гипса с водой в количестве, достаточном для заполнения цилиндра (300 г), после тщательного перемешивания до получения однородной массы оставляют на 2 минуты в спокойном состоянии. Затем, сделав два резких перемешивания, быстро выливают массу в цилиндр, поставленный на стекло. После этого резким и правильным движением поднимают цилиндр снизу вверх и определяют величину конусообразной лепешки. Требуемой густотой обладает тесто, которое дает лепешку в среднем диаметром около 12 см.

Как мы видим, этот прием определения нормальной густоты гипса обладает целым рядом условных положений, от которых и зависит в значительной мере точность показаний вискозиметра. Даже при очень тщательно поставленных опытах мы получаем отклонения в расплыве лепешки в пределах 2,5 см (из десяти определений), т. е. не получаем достаточно однообразных результатов. Причина этого кроется как в самих приемах определения нормальной густоты гипса, так и в конструкции прибора.

Помимо того, что результаты опыта зависят от предельной точности в соблюдении указанных сроков, самое освобождение теста от формы происходит тогда, когда тесто находится в состоянии перехода из более жидкой фазы в более густую. Решают не только минуты, но и секунды. Можно ли предъявлять одинаковые требования к распылу лепешки для 1-го, 2-го и 3-го сорта строительного гипса, для которых предусмотрено ГОСТ соответственно и три начальных срока схватывания гипса — 5, 4 и 3 минуты? Этот вопрос надо считать недостаточно уточненным и подлежащим дополнительному исследованию.

Конструктивным недостатком прибора является сложность строго вертикального его подъема, а возможные отклонения от вертикали, несомненно, сильно влияют на точность измерений. Вот почему мы наблюдаем попытки улучшить конструкцию вискозиметра Суттарда, что в свою очередь ведет к некоторому его усложнению. Так, в Новосибирском инженерно-строительном институте доц. Михайловым при участии механика Головина сконструирован прибор для механического подъема вискозиметра Суттарда.

Предлагаемое мероприятие, направленное на внесение поправок в существующий прибор, не меняет существа самого приема испытания. Не устраняется основной недостаток — влияние трения теста о стенки формы. Вот почему мы предлагаем заменить цилиндр Суттарда малым конусом Абрамса, так как в этом случае отделение формы от раствора будет мгновенным, а, следовательно, влияние трения теста о стенки формы будет ничтожным. В то же время будет сведено до минимума влияние неточности подъема самой формы.

Предварительные испытания по этой методике подбора теста нормальной густоты дали благоприятные результаты. Так из десяти определений амплитуда колебаний диаметра лепешки определяется всего лишь в 1 см вместо 2,5 см при применении цилиндра Суттарда.

Механическая прочность гипсовых изделий при определении качества гипса играет основную роль. Если все другие технические условия гипс выдержал, но не имеет обусловленной механической прочности, то гипс не может быть применен для создания ряда конструктивных элементов. Вот почему этому испытанию должно быть уделено большое внимание. ГОСТ 125—41 предусматривает определение величины временного сопротивления материала лишь растяжению, в то время, когда для многих случаев сопротивление сжатию, а иногда и изгибу, будут решающими. В частности несущие стены в основном работают лишь на сжатие, за исключением отдельных элементов (перекрышек и пр.), воспринимающих изгибающие усилия. Правда, могут быть установлены переходные коэффициенты от одного вида испытания к другому, тем более, что испытание на разрыв очень легко осуществляется на простейшем и широко распространенном приборе Михаэлиса, а для испытания на сжатие не-

необходимо наличие гидравлического пресса. До настоящего времени такие коэффициенты еще научно не обоснованы, а имеющиеся в литературных источниках данные не отличаются достаточной точностью. Вполне естественно, что мы встречаем здесь такие указания: „по опытам временное сопротивление гипса сжатию примерно в 5 раз больше, чем растяжению“ (проф. Скрамтаев „Строительные материалы и изделия“, 1938 г. стр. 218). Современное состояние вопроса о качестве гипсовых материалов и изделий требует установления более точных переходных коэффициентов в зависимости от водогипсового отношения, тонкости помола гипса, способа изготовления элемента и, возможно, других факторов.

В порядке постановки вопроса в работе академика Будникова „Гипс и его исследование“ (1933 г., стр. 93) мы находим указание на предложение Эмли (Emly) и Факсона (Faxon) вычислять отношение между сопротивлением сжатию и сопротивлением растяжению и отношение между сопротивлением растяжению и содержанием гипса. Большое практическое значение этой методики обязывает нас уточнить теоретические положения, предлагаемые Эмли и Факсоном, для внесения результатов изысканий в технические условия. В этих же целях нельзя обойти проверкой предложение Крумбара (Krumhaar), который говорит, что температурный эффект при схватывании дает данные, лучше характеризующие гипс, чем результаты испытания его на сжатие и растяжение¹.

Очень существенное значение для многих конструктивных элементов имеет испытание на удар. Так, установлено, что гипсовые накаты перекрытий, хорошо выдерживая спокойную нагрузку, в то же время очень легко разрушаются от динамических усилий. Не меньшее значение ударные испытания имеют для тонких плит типа сухой гипсовой штукатурки, выполняемые с волокнистыми заполнителями или обычно с наклейкой тонкого картона для повышения сопротивляемости динамическим усилиям при транспортировке, прибивке и перекладке их с места на место.

Нашими опытами установлено, что тонкие плиты, испытанные на копре Педжа по предлагаемой нами методике, дают показательные, и исчерпывающие результаты. Для проведения испытаний заготавливаются небольшие пластинки (размером 9×15 см), которые и подвергаются ударным нагрузкам двухкилограммовой бабы копра Педжа (рис. 14). Плиты из чистого гипса выдерживают всего лишь 5—7 ударов, плиты же с неорганическими заполнителями не более 10—12 ударов. Но и те и другие распадаются на несколько частей, не связанных друг с другом, в отличие от плит, армированных различными фибровыми материалами. Так плиты, снабженные тонкой стружкой или шерстью, выдерживают 15—20 ударов до появления первой трещины, причем такие плиты в дальнейшем, даже получившие удары,

¹ П. П. Будников, Гипс и его исследование, стр. 32.

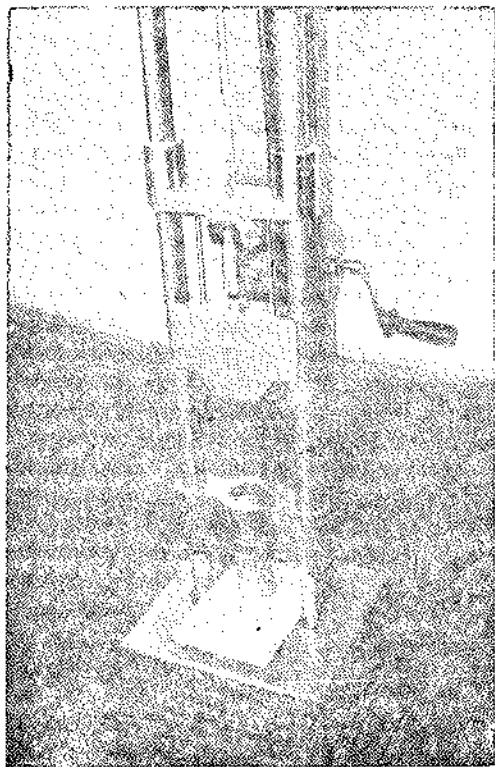


Рис. 14. Испытание пластинки на копре Педжа,

с девяностого деления, не распадаются на отдельные части, будучи связаны фиброй.

Испытание образцов на динамическую нагрузку, осуществляемое на копре Педжа, не является наилучшим из возможных. Однако эти копры очень распространены у нас в Союзе и имеются почти в каждой строительной лаборатории. Уточнив методику испытаний и создав эталон, можно установить и соответствующую нормаль.

Для проведения испытания плиток на изгиб автором настоящей работы сконструирован при участии механика Котова специальный пресс из частей прибора Михаэлиса (рис. 15). Ломающий груз получается, умножением веса дробы на 50. Прибор протарирован представителями Комитета по делам мер и измерительных при-

боров и принят. Следует подчеркнуть своевременность и необходимость создания новых приборов для проведения испытания плит на изгиб, более мощных и совершенных, чем указанный выше, выполненный в кустарной мастерской. Совершенно необходимо также выпуск гидравлических прессов для испытания в натуральную величину гипсовых плит для перегородок, перекрытий и кровельных покрытий.

Требуют уточнения и вопросы режима сушки испытуемых образцов. Так, ГОСТ 125—41 обязывает хранить восьмерки, предназначенные для испытания на разрыв по прошествии 1—7 дней, в сухом и теплом помещении. Естественно, что осенние и зимние условия в отапливаемых помещениях будут очень резко отличаться от температурно-влажностных условий летнего периода времени, а на результаты испытаний этот момент оказывает очень существенное влияние. Без указания точного режима хранения образцов результаты испытаний, естественно, будут давать резкие отклонения.

Для хранения образцов надо установить следующий единый порядок:

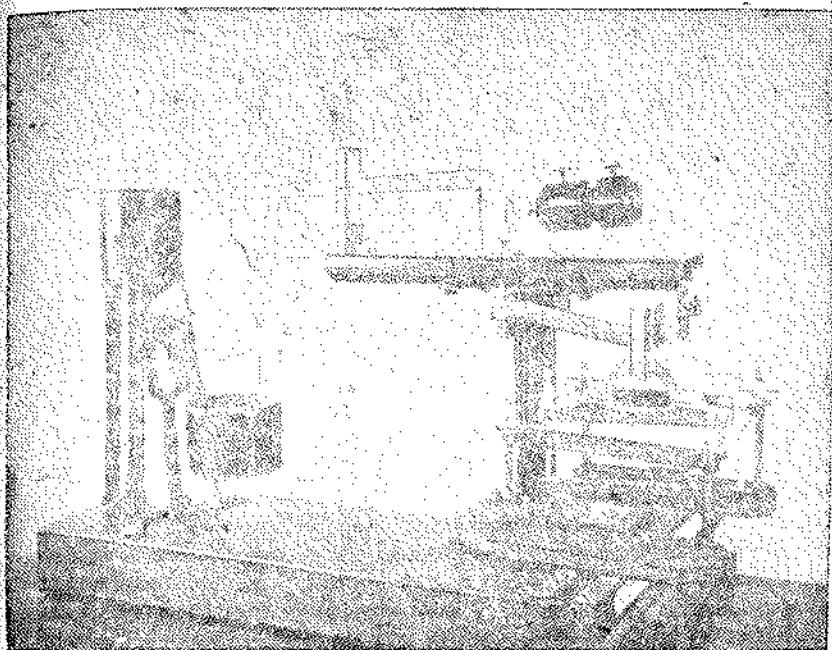


Рис. 15. Специальный пресс из частей прибора Михаэлиса для испытания плиток на изгиб.

- а) температура помещений должна быть от $+18$ до $+22^\circ$,
- б) относительная влажность — в пределах 50—60%,
- в) помещение должно быть обеспечено естественным проветриванием, с температурно-влажностным режимом в пределах указанных выше норм.

Существовавшие до последнего времени методы определения качества полугидрата давали возможность получить полную характеристику материала не ранее как через 7 дней. Такое положение нельзя было признать нормальным, так как оно находилось в прямом противоречии с требованиями скоростного строительства и с интересами заводского производства гипсовых деталей. Определение активности вяжущего, в частности гипсового, может быть легко установлено и в очень короткий срок по физико-механическим испытаниям, производимым ускоренными методами. Этому вопросу в официальных документах уделено внимание только в последнее время, а именно: § 12 ГОСТ 125—14 на гипс строительный и формовочный и § 2 временной инструкции по изготовлению гипсовых и гипсобетонных мелких блоков системы Булычева (1941 г.).

Согласно указаниям ГОСТ 125—41, при ускоренном методе определения временного сопротивления растяжению отформованные восьмерки после двухчасового выдерживания освобождаются от форм и подвергаются сушке в сушильном шкафу

при температуре 40—50° до постоянного веса. Высушенные таким способом образцы соответствуют по механической прочности образцам в возрасте 7-дневного хранения в сухом и теплом помещении.

Временная инструкция, упомянутая выше, рекомендует искусственное подсушивание кубиков размером $10 \times 10 \times 10$ см в термостате в течение 24 часов при температуре от 60 до 70°. Прочность на сжатие строительного гипса в этом случае должна быть не ниже 70 кг/см², что приравнивается прочностим кубиков семидневного хранения в сухом и теплом помещении.

Наши исследования подтвердили практическую возможность использования предлагаемой методики ускоренного определения качества полугидрата. По целому ряду определений установлено, что расхождение между механической прочностью восьмерок и кубиков, высушенных в сушильном шкафу до постоянного веса и хранившихся 7 дней в сухом и теплом помещении, не превышает 10—12%, что практически вполне допустимо.

Определение влажности гипсовых элементов и изделий. Методике определения влажности гипсовых материалов посвящен целый ряд научных и экспериментальных работ, однако до настоящего времени, несмотря на большое техническое значение его, нет полной ясности в этом вопросе. При термическом методе определения влажности изделий высушиванием в термостате различные авторы рекомендуют совершенно разные пределы максимальной температуры сушки. Так мы встречаем указания на предельные температуры в 40°, 50° и 70°. Недостаточная обоснованность этих указаний побуждает отдельных авторов искать другие способы определения влажности гипса.

Из многочисленных предложений определения влажности гипсовых изделий мы остановились на проверке следующих трех, обладающих, при достаточно правильных теоретических обоснованиях, сравнительной простотой экспериментирования: 1) термический метод при температурах 50, 60, 65 и 70°, 2) метод доц. А. С. Васильева и Т. Я. Померанцевой (ГИСИ) и 3) метод проф. Илькевича.

Термический метод, как общезвестно, является наиболее простым, не требующим специальной аппаратуры. При наличии сушильного шкафа и аналитических весов, он доступен любой построенной лаборатории, обладающей квалифицированным штатом, и с этой стороны практически является наиболее ценным.

Различные навески гипса, в пределах от 2 до 8 г, помещались в бюксы и выдерживались в термостате до получения постоянного веса. Контрольные взвешивания производились через каждый час, причем гипс предварительно подвергался в течение 10—15 минут охлаждению в эксикаторе над хлористым кальцием.

Приведем результаты исследований лишь некоторых партий влажных образцов гипса (табл. 28).

Количество часов	Сушка при 70°		Сушка при 65°		Сушка при 60°		Сушка при 50°	
	навеска	% влаги	навеска	% влаги	навеска	% влаги	навеска	% влаги
1	4,8379	20,42	3,5015	22,20	2,8089	22,32	5,1741	21,49
2	4,8379	24,30	3,5015	24,42	2,8089	24,45	5,1741	22,19
4	4,8379	24,30	3,5015	24,40	2,8089	24,45	5,1741	24,30
1	6,0801	10,70	4,5583	10,90	7,1507	10,67	7,1404	9,68
2	6,0801	11,29	4,5583	11,09	7,1507	11,22	7,1404	10,99
4	6,0801	11,29	4,5583	11,20	7,1507	11,23	7,1404	11,29
1	7,1025	6,18	5,4808	6,20	4,2437	6,11	4,8980	5,92
2	7,1025	6,19	5,4808	6,20	4,2437	6,15	4,8980	6,12
4	7,1025	6,19	5,4808	6,20	4,2437	6,14	4,8980	6,12

Как видим, устойчивые результаты получаются при температурах сушки 60—70° уже через 2 часа даже для сравнительно влажных образцов (от 11 до 24%), в то время, когда при температуре 50° для образцов с большей влажностью постоянный вес получается только через 3—4 часа.

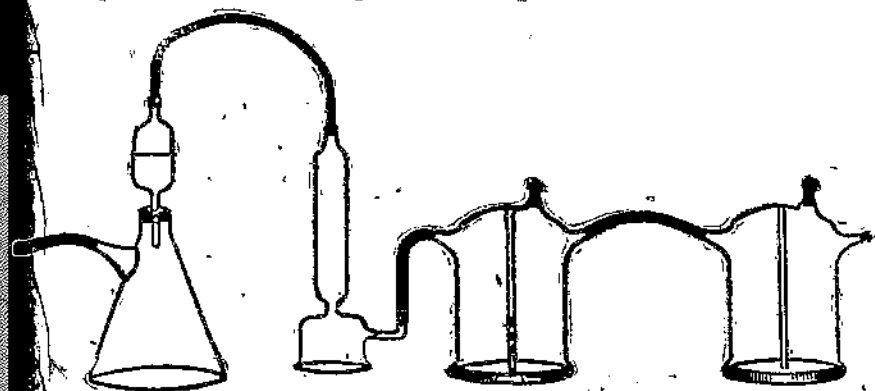


Рис. 16. Схема установки доц. А. С. Васильева и Т. Я. Померанцевой для определения влажности гипсовых материалов.

Метод доц. А. С. Васильева и Т. Я. Померанцевой („Промышленность строительных материалов“ № 10—11 за 1940 год) основан на быстром отнятии влаги от испытуемых гипсовых материалов действием абсолютного эфира. Установка (рис. 16) состоит из двух склянок Тищенко, последовательно соединенных и наполненных — первая 30% КОН, вторая крепкой серной кислотой. Склянки Тищенко соединяются резиновой трубкой с колонкой Дрекслея, наполненной гитроскопической ватой. Эти склянки служат для поглощения CO_2 и осушения воздуха, поступающего непосредственно в специальный эксикатор, вставленный в колбу Бунзена, которая соединяется, как обычно, с водоструйным насосом. В эксикатор ставится тигель Гуча с исследуемым веществом.

По данным авторов настоящего метода, определение влаж-

ности гипсовых материалов проходит в следующем порядке. Промытое в соляной кислоте и затем в горячей воде и проявленное асбестовое волокно помещается в тигель Гуча на фарфоровую пластинку для того, чтобы порошок гипса не проходил через отверстия тигля. Затем тигель на одну—две минуты погружается в стаканчик, наполовину наполненный абсолютным эфиром, вынимается и ставится в эксикатор прибора для полного удаления эфира. После этого тигель взвешивается и в него берется навеска тонко измельченного материала в количестве около одного грамма. Тигель с навеской последовательно погружается в три налитые наполовину абсолютным эфиром стаканчика, в каждом из которых тигель остается 1—2 минуты. Тигель, вынутый из последнего стаканчика, ставят в эксикатор прибора и пускают водоструйный насос для удаления оставшегося в тигле эфира (30 минут). После удаления эфира тигель взвешивают и еще раз ставят в эксикатор на 10 минут, чтобы окончательно убедиться в удалении всего эфира. Если вес тигля остается неизменившимся, то определение считают законченным.

В статье доц. А. С. Васильева и Т. Я. Померанцевой приводятся следующие сравнительные результаты испытания некоторых материалов (табл. 29).

Таблица 29

Наименование	Потеря воды в %	
	высушив. в шкафу при 70°—4 часа	высушив. абсолютным эфиром
Гипсовые образцы из стены	6,55	6,41
Шлако-гипс	7,97	7,95
Строительный гипс	1,04	0,90
Гипсовый кубик	0,40	0,30
" "	1,15	1,05
" "	13,16	13,07

По мнению авторов метода, преимущество способа высушивания гипсовых образцов в абсолютном эфире заключается в том, что материал при испытании не теряет гидратную воду, так как не применяется нагревание его. Кроме того, получается значительная экономия времени по сравнению с другими способами определения влажности, так как все определение занимает не более часа.

Наши результаты несколько расходятся с только что указанными положениями. Так, испытания гипса показали, что постоянный вес гипса при высоком проценте влажности наступает лишь после двух часов, причем результаты опытов оказываются очень близкими результатам испытаний, полученным при термическом методе (табл. 30).

Метод проф. Илькевича подробно описан в статье Ф. С. Эпштейн „Методика исследования влажности строительных

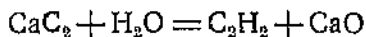
Таблица 30

Количество часов	Сушка в абсолютном эфире	
	навеска	% влаги
1	0,9169	22,04
2	0,9169	24,48
3	0,9169	24,48
4	0,9169	24,48
1	0,8889	10,53
2	0,8889	13,56
3	0,8889	13,56
1	0,9189	6,10
2	0,9489	6,11

Материалов" (в Трудах Института им. Эрисмана за 1939 г.). Высушивание образцов происходит при $t = 60 - 65^\circ$ в специальном эксикаторе, помещаемом в сушильный шкаф. Метод требует довольно сложной аппаратуры и продолжительно-го времени для проведения эксперимента.

Проведенные нами исследования показали, что метод проф. Илькевича дает очень близкие двум другим способам результаты определения влажности гипса и, таким образом, пользование любым из них не может быть источником ошибок.

Следует указать еще на способ определения влажности гипсовых материалов, описанный в статье „Об улучшении качества гипсовых форм" („The Brit Claywork", 1939 г. № 3)¹. Испытание сводится к тому, что небольшая навеска материала помещается в стеклянный плотно закрытый сосуд, содержащий карбид кальция, и встряхивается. Карбид кальция вступает в химическое взаимодействие с влагой, содержащейся в материале, по уравнению



Образовавшийся ацетилен измеряется по объему и пересчитывается на процентное содержание влажности в материале. Этот метод американского стандарта, отличающийся простотой построения схемы испытания, вызывает, однако, некоторые затруднения в связи со сложностью практического его использования при сушке карбида кальция.

¹ „Промышленность строительных материалов" № 12 за 1940 г.

РАЗДЕЛ II

СТЕНЫ ГРАЖДАНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ГИПСОВЫХ БЛОКОВ

ГЛАВА 4

ПРИМЕРЫ ИЗ ПРАКТИКИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИПСОВЫХ ЗДАНИЙ

В технической литературе мы находим лишь краткие сведения о возможности применения гипсовых блоков в наружных ограждениях зданий. Так в книге проф. В. А. Кинд и доц. С. Д. Окорокова „Строительные материалы“ (1934 г.) гипсолитовым блокам и гипсовым камням посвящено всего несколько строк, и лишь с 1938 года в строительных журналах и газетах стали появляться статьи, характеризующие первые опыты применения гипсовых материалов для несущих стен зданий. Впервые в № 7 журнала „Строительная промышленность“ за 1938 г. автором настоящей работы был освещен опыт широкого строительства гипсовых зданий в Горьковской области, начиная с 1933 г., т. е. уже с пятигодовичным сроком эксплуатации.

За последние два-три года мы получили дополнительные данные о практике опытного строительства зданий из гипсовых блоков или плит в Сталинабаде, Куйбышеве, Свердловске, Москве и Чкалове, однако детальная характеристика эксплуатационных свойств этого нового материала и новых конструкций пока отсутствует. За этот же период времени нами выполнен ряд новых построек и произведено подробное изучение построенных ранее в Горьковской области гипсовых зданий. Высокие технические качества стен таких зданий, их полная погодоустойчивость, хорошее архитектурное оформление и, наконец, экономические преимущества для многих районов дают нам право заявить о полной целесообразности применения гипсовых элементов в качестве материала для наружных ограждений. Подробное освещение эксплуатационных свойств наружных стен здания, выполненных из гипсовых блоков, тем более необходимо, что в литературных материалах имеются довольно многочисленные данные, свидетельствующие о недооценке положительных качеств гипсовых материалов и преувеличивающих их отрицательные свойства. Так, в специальной работе, посвященной стандартизации гипсовых материалов и опубликованной в 1936 году, инж. Е. В. Костырко пишет: „Попытка рассматривать гипсолит как несущий нагрузку материал в стенах, колон-

нах и балках не оправдалась в строительной практике по причинам, уже указанным выше: большая растворимость гипса ведет за собой громадную разницу прочности между материалом в воздушно-сухом состоянии и насыщенным влагой; прочность во втором случае падает от 2 до 2,5 раз..."

В различных местах книги доктора техн. наук проф. Б. Г. Скрамтаева „Строительные материалы“ (1940 г.) неоднократно подчеркивается применимость гипсовых деталей лишь для внутренних работ. Так, на стр. 193 сказано: „Штукатурка и изделия могут применяться только внутри зданий...“ На стр. 216 читаем: „Гипсобетон можно применять внутри зданий, так как он основан на воздушном вяжущем веществе. В наружных стенах гипсобетон в виде блоков может применяться только в сухом климате или для облегченного строительства (поселковое, сельскохозяйственное и дачное) при условии защиты стены известково-алебастровой штукатуркой и большими свесами крыши“.

Осуществленные за последние годы оправдавшие себя в эксплуатации капитальные здания из гипсовых блоков обязывают нас пересмотреть существующие по этому вопросу установки. Следует подчеркнуть, что известково-алебастровая штукатурка плохо держится на гипсовой поверхности наружных ограждений и потому не должна применяться. Кроме того, гипсовые стены не нуждаются в защите штукатурным слоем, ибо с полным успехом могут быть защищены лишь одной побелкой.

Как указывалось выше, в различных районах нашего Союза построено за последние годы более сотни промышленных, жилых и служебных зданий с наружными стенами из гипсовых блоков, которые за 6—7 лет своего существования показали полную свою пригодность и атмосфероустойчивость.

Приведем характеристику таких зданий на основе личных наблюдений и отчетных данных научно-исследовательских организаций.

Горьковская область. К настоящему времени в Горьковской области построено из гипсовых блоков 69 жилых домов и 12 зданий промышленного, общественного и хозяйственного назначения. Так, в Бутурлинском районе, в селе Борнуково, построены электростанция (рис. 17), школа (рис. 18), гараж, помещение для двигателя при алебастровом заводе, склад горючего и камне-резный цех (рис. 3), в котором изготовляют вырезыванием из природного ангидрита скульптурные фигуры, чернильницы и прочие мелкие изделия.

Внешний вид построенных зданий производит очень благоприятное впечатление. Такое же хорошее впечатление своим внешним оформлением оставляют жилые дома (рис. 19) и даже целые улицы села Борнуково (рис. 20).

Интересно отметить одно бытовое явление. Успех постройки гипсовых зданий оказался настолько эффективным с технической и экономической стороны, что на местах сгоревших жилых домов крестьяне предпочитают строить новые только из гипсо-

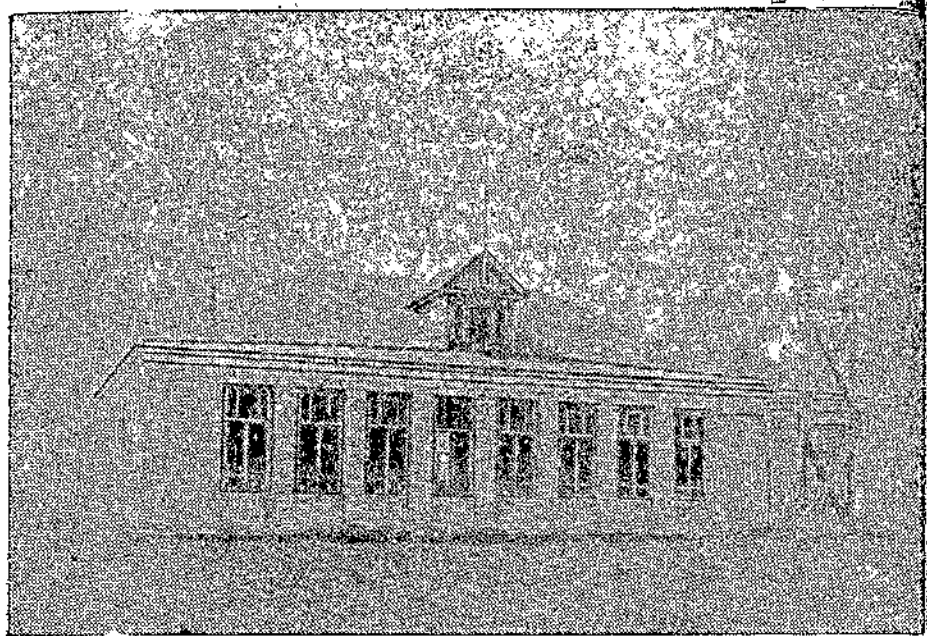


Рис. 17. Электростанция в селе Борнуково.

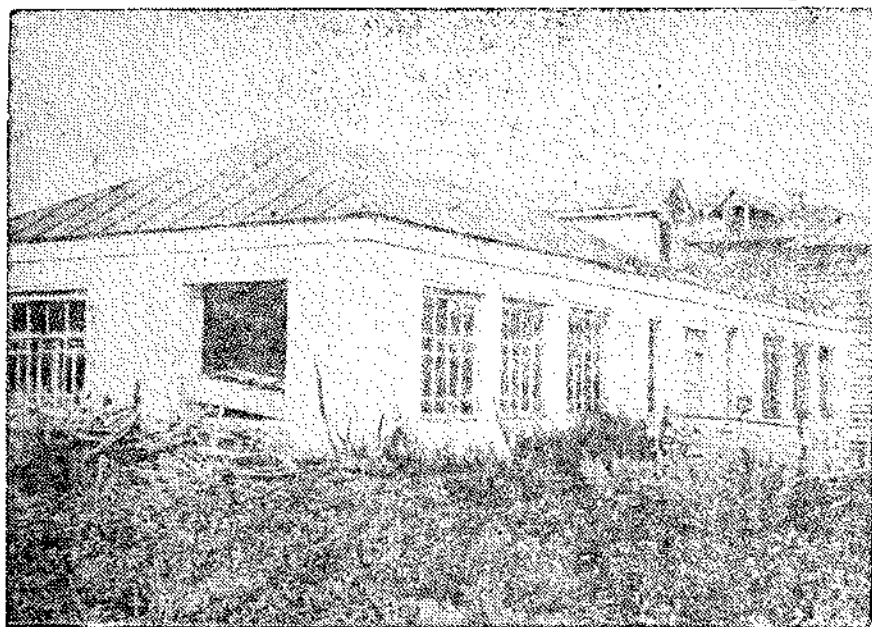


Рис. 18. Школа в селе Борнуково.

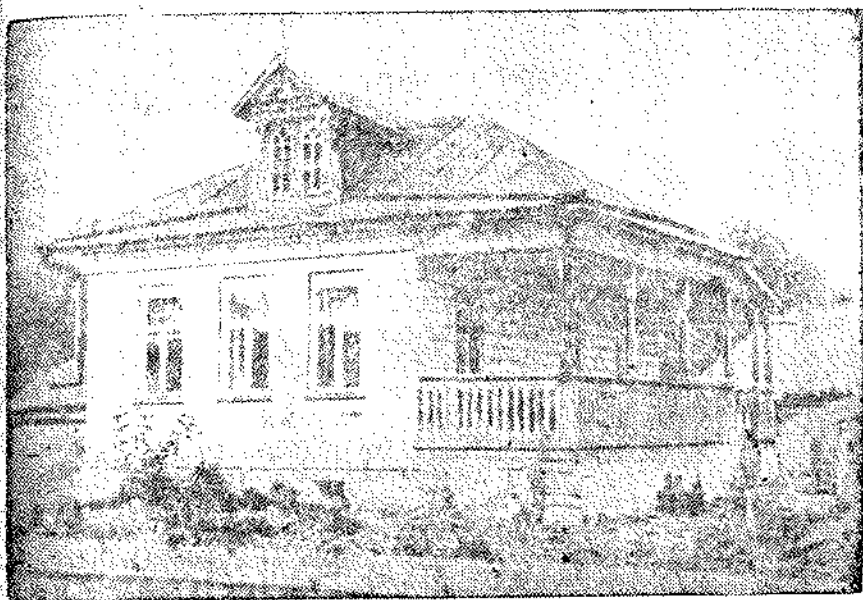


Рис. 19. Жилой дом в селе Борнуково.

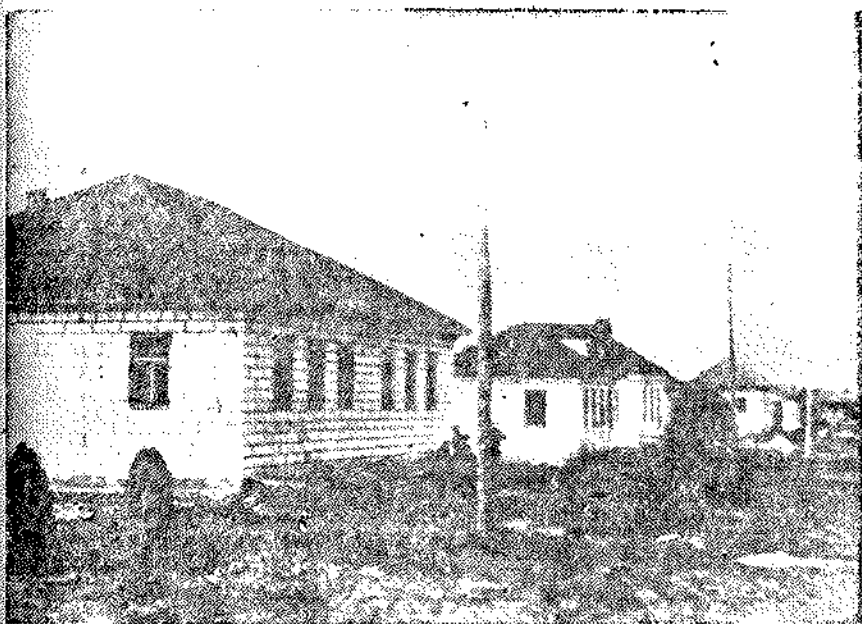


Рис. 20. Улица села Борнуково.

вых блоков. То же самое относится и к деревянным домам, пришедшим в ветхость. Следует кстати отметить, что цокольная часть выполняется, как правило, на глино-песчаном растворе в целях создания водоизоляционного слоя.

Толщина стен зданий села Борнуково принята в один камень, уложенный тычком, т. е. в 30 см, хотя есть примеры кладки стен в 38 см и даже в 25 см (один ложковый блок). Стены оштукатурены только со стороны помещений, а наружные поверхности ограждений ничем не защищены. За несколько лет, прошедших со времени постройки зданий, никаких следов разрушения или выветривания стен не имеется, за исключением цокольных блоков, на которых нашли отражение переменные условия высыхания и намокания от тающего снега. Эти условия сказались лишь на небольшом повреждении наружной поверхности блоков, в то время когда со стороны помещения влияния намокания на стенах не обнаружено.

По сведениям, полученным от живущих в этих домах, постройки оказались очень удачными: стены зимой сухие, теплые, не имеют трещин, хорошо гвоздятся, гигиеничны, легко поддерживаются в чистоте, огнестойки. Достаточно теплоустойчивыми оказались и стены в 38 см толщиной, и лишь углы стен в 25 см давали в сильные морозы следы конденсата.

На некоторых стенах зданий, построенных еще в 1933—1934 годах, есть следы выветривания верхнего слоя блоков — шероховатость, небольшие углубления. Эти явления объясняются



Рис. 21. Опытное здание из гипсовых блоков, построенное на территории ГИСИ в 1937 г.



Рис. 22. Фасад здания лаборатории при кафедре строительных материалов ГИСИ.

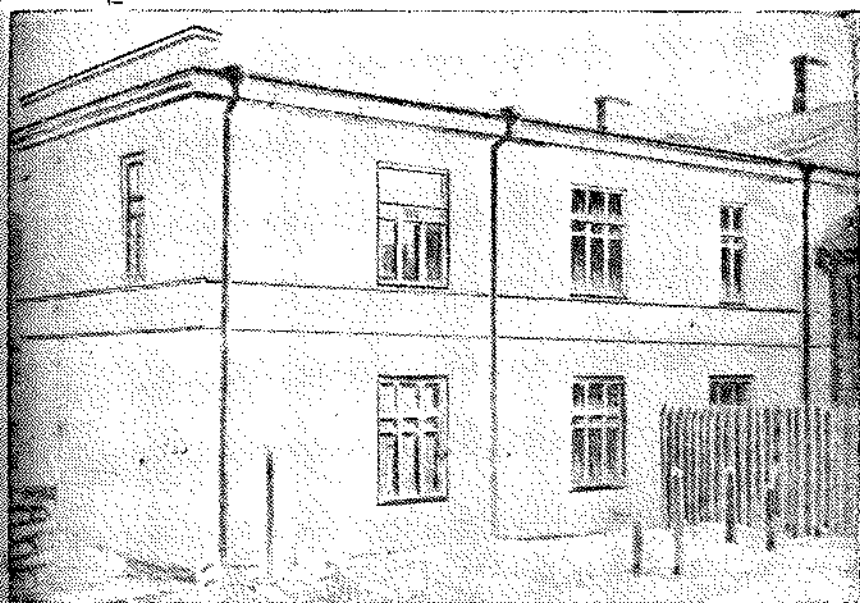


Рис. 22а. Здание лаборатории, построенное на территории ГИСИ в 1938 году.

несовершенством технологических процессов — примитивностью обжига, размола и самой отливки блоков.

В Гагинском и Лукояновском районах построены мастерские при МТС, гараж и ряд жилых домов. В колхозе имени Н. К. Крупской построены за эти годы черепичный завод, ветеринарный пункт, радиоузел, второй этаж школы и жилые дома.

На территории Горьковского инженерно-строительного института построено под нашим руководством три здания. Одноэтажное опытное здание, возведенное еще в 1937 году из блоков системы Г. Г. Булычева, без всякой штукатурки наружной стены, прекрасно сохранилось (рис. 21). За 6 лет существования стена была побелена два раза известковым молоком с добавлением 5% олифы (от веса известкового теста), а цоколь — казеиновой краской.

В 1938 году из мелких блоков системы Г. Г. Булычева построено двухэтажное здание лаборатории при кафедре строительных материалов ГИСИ (рис. 22 и 22а), в котором все архитектурно-конструктивные элементы (карнизы, пояски, пилястры, раскреповка и цоколь) выполнены из фигурных блоков (рис. 34), легко и просто отливаемых в деревянных формах. Температурно-влажностный режим помещений в этом здании подробно освещен ниже. Здесь уместно будет лишь указать, что стены этого здания в 38 см толщиной полностью обеспечили нормальный санитарно-гигиенический режим помещений и что одна комната новой лаборатории, имеющая в опытных целях стену

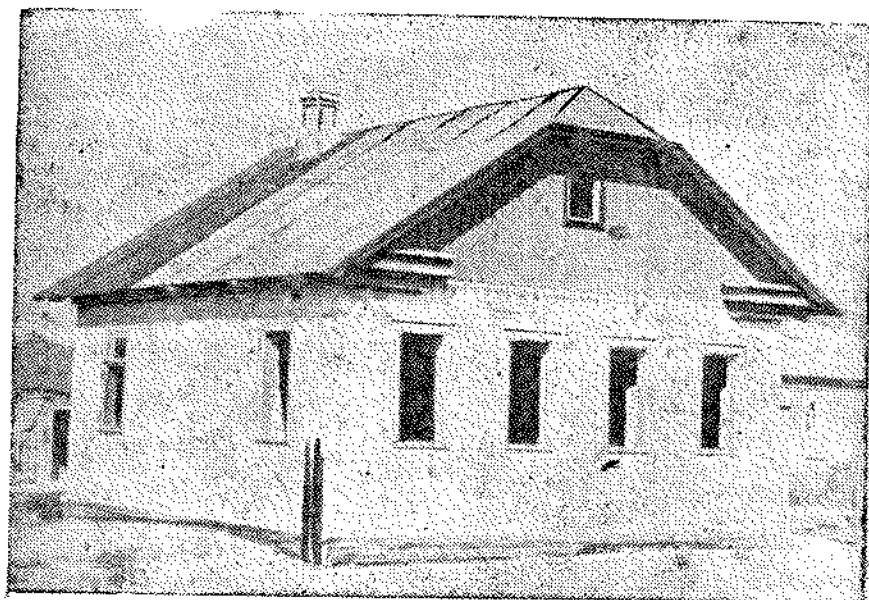


Рис. 23. Жилой дом индивидуального застройщика в окрестностях
гор. Горького.

всего лишь в 25 см, оказалась сравнительно теплоустойчивой и сухой. Ни внутри слоев этой стены, ни на поверхности, покрытой на высоту панели масляной краской, не отмечено даже в самые сильные морозы появления конденсата.

Стены третьей опытной постройки ГИСИ выполнены облегченной конструкцией: наружная верста уложена в один блок типа „Крестьянин“, внутренняя поверхность стены образована из плит сухой штукатурки в 3 см толщиной, с засыпкой промежутка между ними шлаком (рис. 56). Общая толщина стены 35 см, отопление печное. Работа выполнялась поздней осенью, и потому стены здания и шлаковая засыпка были сырыми. В углах помещений в сильные морозы отмечены следы конденсата, однако, можно утверждать, что это явление временное, объясняемое пониженной теплоустойчивостью стены из-за влажности блоков и засыпки.

Вполне оправдала себя с точки зрения температурно-влажностного режима постройка в окрестностях г. Горького жилого дома индивидуального застройщика (рис. 23). Стены выполнены из блоков системы инж. Булычева в 25 см толщиной, причем отливка камней производилась в деревянных разборных формах. Постройка выполнена в 1940 году.

В начале осени 1940 г. в 60 километрах от г. Горького, у ст. Сейма, была начата постройка восьмиквартирного дома треста Глазмука из гипсовых блоков типа „Крестьянин“. Работа проводилась в течение всей осени, а часть первого и второго этажей до уровня окон осуществлялась уже при наличии морозов. Опыт зимней кладки стен из гипсовых блоков представляет огромный интерес, поэтому выше данному вопросу был уделен специальный раздел.

В настоящее время для города Дзержинска* запроектирован из гипсовых блоков типа „Крестьянин“ жилой дом по типовой секции 1941 года. На строительной площадке Автозавода начаты подготовительные работы к постройке в течение 1943 года 35 жилых восьмиквартирных домов.

Опыт постройки гипсовых зданий в пределах Горьковской области себя полностью оправдал. С полной уверенностью можно отметить, что, по мере увеличения выпуска гипса на наших заводах, строительство промышленных, жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий получит значительное развитие. Необходимо лишь, чтобы на гипсовых заводах Горьковской области были организованы промышленное изготовление и массовый выпуск гипсовых блоков.

Куйбышевская область. Строительство из гипсобетона начато было еще в 1931 году по инициативе Волжского научно-исследовательского института сооружений.

Приведем результаты обследования этих зданий в 1939 году. А. Село Ширяев., в 40 км от Куйбышева, имеет два жилых двухэтажных дома, на 8 квартир каждый. Стены сложены в 1931 году толщиной 30 см. Наполнитель блоков—рубленный камыш и рубленая солома (до 50%). Объемный вес блоков—1060 кг/м³, временное сопротивление сжатию—32 кг/см².

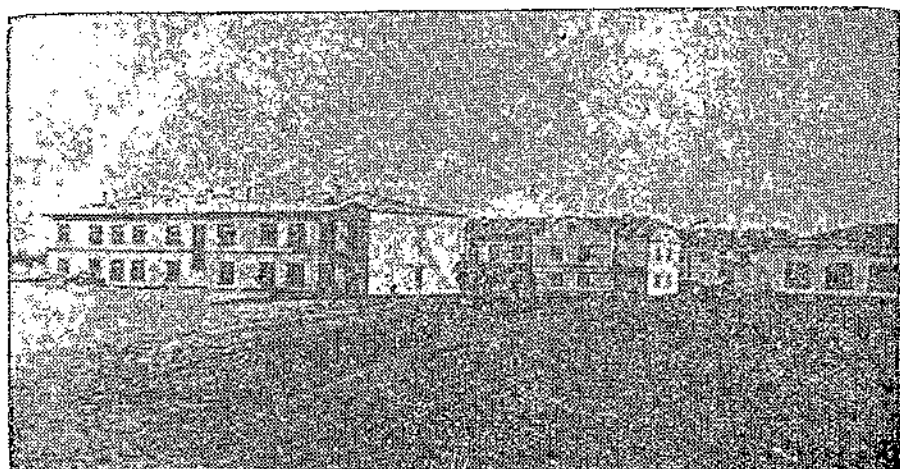


Рис. 24. Общий вид гипсобетонных зданий Водинского серного завода (г. Куйбышев).

Стены первых этажей этих зданий с наружной стороны оштукатурены; стены вторых этажей оставлены без штукатурки.

На гипсоблоках нет никаких следов разрушения, стены не промерзают даже в самые сильные морозы, за исключением углов, на которых наблюдалось появление конденсата. Сцепляемость штукатурки с поверхностью блоков слабая, штукатурка сравнительно легко от них отделяется.

Б. С 1933 года на Алексеевском серном заводе и с 1931 года на Алексеевском гипсовом заводе существует несколько жилых домов и промышленных зданий. Стены, сложенные из гипсосоломенных блоков, до настоящего времени не имеют каких-либо существенных дефектов.

В. На Водинском серном заводе с 1934 года по 1936 год построены три жилых здания, детский сад, здание клуба и пожарное депо. Толщина стен—38 см, кладка их велась на гипсовом растворе. Признаки сырости обнаружены только в углах кухонь. Механическая прочность гипсоблоков (образцов, вынутых из стен) колебалась от 12,5 до 28 кг/см².

Общий вид гипсобетонных зданий Водинского серного завода указан на рис. 24.

Г. С 1936 по 1939 год в самом городе Куйбышеве построено несколько зданий: учебные мастерские, здание керамических печей и жилой дом (литым способом). Толщина стен принята в 30 и 38 см. Промерзаемости стен не наблюдалось, в зимнее время в зданиях тепло и сухо.

Рецептура сплошных блоков учебных мастерских школы глухонемых применялась следующая: 1 часть шлака, 1 часть гипса, 2% извести и 60% воды. Временное сопротивление образцов, вынутых из стены здания в октябре 1939 года, т. е. через три года после возведения,—45,6 кг/см².

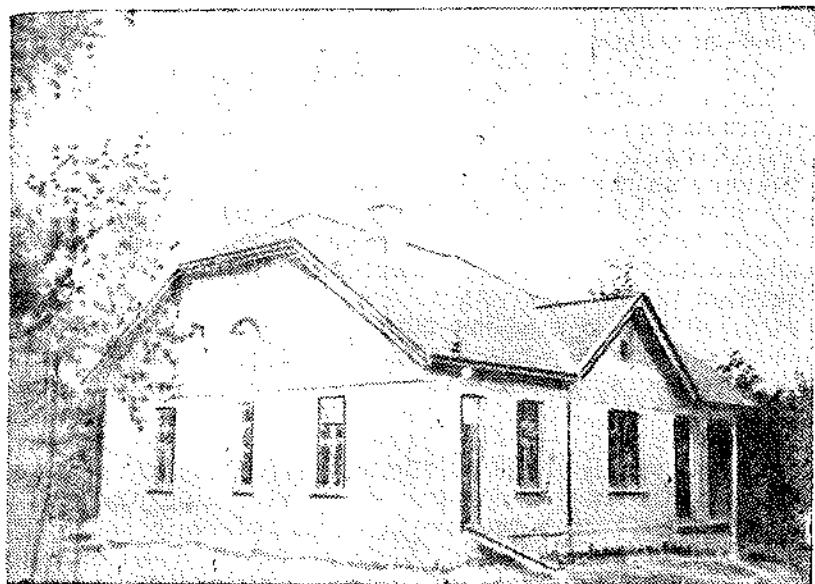


Рис. 25. Жилой дом в г. Куйбышеве, выполненный литым способом в 1940 году.

Д. В 1938 году на строительстве Куйбышевского гидроузла построено два жилых дома из гипсоблоков и в 1940 г. один дом, выполненный литым способом (рис. 25). Как недостаток последнего приема выполнения работ следует отметить, что стены зданий, возведенных литым способом, нуждаются в продолжительной сушке.

Лучшие результаты получаются при использовании для возведения стен гипсовых зданий передвижной опалубки и приемов трамбования гипсошлаковой массы. По этому способу, разработанному инж. П. А. Маловым, С. В. Жирковичем и М. И. Ступниковым, построено в 1941 г. в районе г. Куйбышева 40 одноэтажных жилых зданий.

Указанный здесь прием постройки здания имеет свои положительные, но и свои отрицательные особенности. К числу первых следует отнести: полную возможность уменьшения водвяжущего отношения до пределов 0,30—0,40; в связи с применением трамбования — более короткие сроки сушки стен, чем при литом способе, и использование опалубки в теплоизолирующих целях при зимнем бетонировании. Отрицательные показатели — значительная затрата времени на перестановку и выверку опалубки, необходимость применения дерева для опалубки (что не гарантирует высокого качества поверхности стен), осложнение работ в дождливую погоду и сравнительная кустарность всех приемов по возведению стен. Мы склонны считать, что кладка стен из заранее приготовленных на заводе блоков, вы-

полненных в условиях высокой технологии и совершенной механизации всех процессов, является более прогрессивным методом возведения зданий. В условиях стахановской производительности труда по кладке блоков этот прием возведения стен окажется наиболее экономичным и индустриальным.

Е. С 1911 года в Куйбышеве существует здание радиотеатра, построенное из гипсо-камышевых плит, обшитых с двух сторон по деревянному каркасу. Промежуток между плитами засыпан шлаком. Стены здания хорошо сохранились, внутри тепло и сухо.

Город Сталинабад (Таджикская ССР). За последние годы из гипсоблоков построено много зданий — жилые дома, гаражи, больницы, склады. В качестве заполнителей применялись камыш и кирпичный щебень. Отмечен случай, характеризующий атмосферостойчивость блоков. Так, гараж, начатый постройкой в 1937 году, стоял 2 года без кровли под проливными дождями и полностью сохранился без всяких признаков разрушения.

Город Чкалов. В пределах области построено несколько зданий из гипсовых блоков, однако, мы не имеем результатов обследования и их эксплуатационной характеристики.

Москва и ее окрестности. В пределах города нет еще построенных зданий со стенами из гипсовых материалов, хотя имеются проекты, выполненные Академией архитектуры и Академией коммунального хозяйства. Кабинет строительной техники Академии архитектуры запроектировал при нашем участии в порядке сравнения вариантов многоэтажный жилой корпус в металлическом каркасе с заполнением гипсовыми блоками типа „Крестьянин“ (руководитель темы — инж. П. И. Григорьев).

В окрестностях Москвы у станции „Заветы Ильича“ трестом Стройдеталь, по инициативе инж. Г. Д. Капелянского, построено 11 дач из гипсо-камышевых плит, подвергшихся вскоре после возведения влиянию сильных дождей. Инж. Г. Д. Капелянский в отчете „О повышении погодоустойчивости гипса“ (от 1/VII—1938 г.) пишет: „...возможно констатировать, что применение плит „диферент“ для наружных стен зданий IV класса (дачное, поселковое и т. п. строительство) лабораторными данными обосновано“. Не подлежит сомнению, что постройки из блоков, являющихся технически более ценными, чем камышевые гипсоплиты, можно возводить и более капитального характера, включая производственные здания в промышленном строительстве.

Помещаем фотоснимок (рис. 26), характеризующий внешний вид и прекрасное состояние стен дачной постройки.

— **Свердловская область.** Группой научных сотрудников Восточного комплексного научно-исследовательского института сооружений (г. Свердловск) в феврале 1938 года закончена под руководством Ф. В. Гурьева тема „Легковесные заполнители для стен каркасных зданий“. Работа имела целью подобрать такой строительный материал для заполнения стен каркасных зданий, который обеспечивал бы вес стены не более 150 кг/м². В результате научно-исследовательской работы предложены

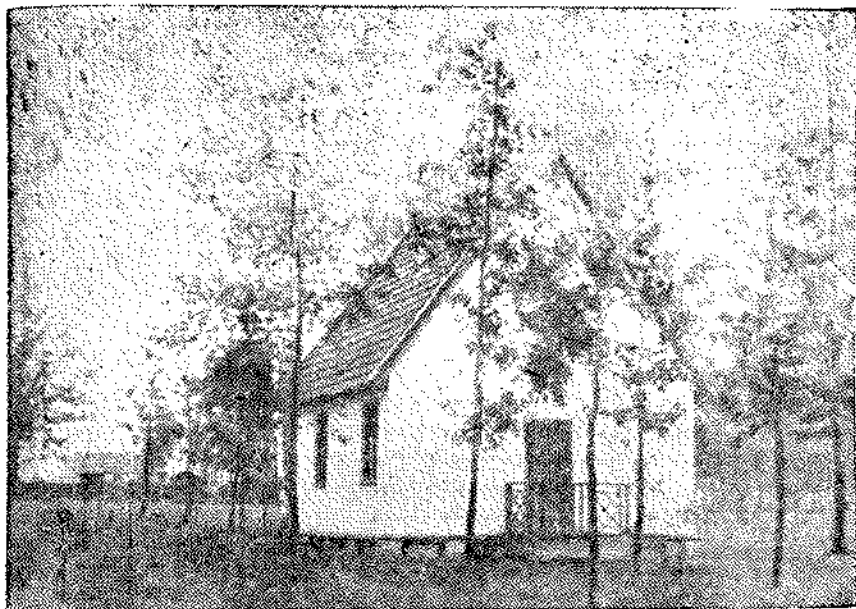


Рис. 26. Дача из плит „диферент“.

гипсовые пустотелые блоки состава—85% штукатурного гипса и 15% извести-кипелки (по весу).

Блоки имели следующие показатели: объемный вес 700 кг/м^3 , коэффициент теплопроводности 0,18, временное сопротивление сжатию $60,9 \text{ кг/см}^2$, разрыву $21,6 \text{ кг/см}^2$ и изгибу $37,0 \text{ кг/см}^2$. Блоки выдержали 25-кратное замораживание. Толщина стены 25 см.

Мы не имеем, к сожалению, сведений о постройках, выполненных, по всей вероятности, в Свердловске из гипсовых блоков. Следует все же отметить, что коэффициент теплопроводности блоков 0,18 вызывает сомнения, так как он расходится с данными других исследователей тепловых свойств гипса. Кроме того, в отчете по указанной выше теме не приведены показатели, характеризующие паропроницаемость наружной стены. При широких воздушных прослойках, принятых в данном случае для гипсового блока, весьма возможно появление внутри стены конденсата, способного понизить прочность и теплозащитные свойства материала стены.

Как видим, здания из гипсовых блоков за короткий срок получили права гражданства во многих районах нашего Союза. Из обширной переписки, установившейся между нами, научными и производственными организациями, расположенными в различных местах Союза, следует, что интерес к возможности широкого использования гипса для изготовления элементов зданий и особенно для наружных ограждающих конструкций весьма велик. „Второе Баку“, Казань, Джалал-Абад, Актюбинск,

Элиста (Калмыцкая АССР), Ромны, Орел и другие города и районы Союза глубоко заинтересованы в правильном разрешении вопросов, связанных с широким внедрением гипсовых деталей в промышленное, гражданское и сельскохозяйственное строительство.

Башкирская АССР. В пределах Башкирии в настоящее время имеется значительное количество гипсовых зданий. Так, в Сталинском районе Уфы за последние годы было построено около двух десятков одноэтажных и несколько двухэтажных жилых домов. Стены сложены из блоков системы инж. Дворковича и частично из сплошных трамбованных шлакогипсовых камней.

В помещениях, сданных в эксплуатацию в конце лета или в начале осени 1942 года, где стены сложены из просушенных блоков, тепло и сухо. В помещениях, сданных в осенний и зимний периоды времени, когда кладка стен велась в условиях излишней сырости из только-что заготовленных и непросушенных блоков, имеются следы сырости и конденсата. Эти результаты лишний раз подчеркивают необходимость соблюдения основных требований к кладке гипсовых стен, чтобы удовлетворить санитарно-гигиеническим условиям эксплуатации помещений жилых зданий. В частности следует отметить, что предельно-малая толщина стен в 26 см не гарантирует помещение от излишнего охлаждения, что и ведет в свою очередь к ухудшению температурно-влажностного режима помещений, особенно в углах стен.

В зиму 1942-1943 гг. в Сталинском районе Уфы ведутся работы по постройке целых кварталов гипсовых зданий, преимущественно двухэтажных.

В районе Стерлитамака за 1942 г. возведено десять одноэтажных барачно-общежитий и несколько промышленных зданий из гипсовых блоков различных систем. На изготовление блоков применялся преимущественно автоклавный или демпферный гипс, из которого выполнены в отдельных случаях (в опытном порядке) сборные армированные покрытия и перегородки.

Молотовская область. По имеющимся сведениям, в г. Молотове и в его окрестностях в течение 1942 г. построено несколько гипсовых зданий.

Краснодарский край. В г. Норильске Таймырского национального округа (за полярным кругом) с 1938 г. по настоящее время построены жилые дома, склады, временные мастерские, котельные и производственные цехи. Опыт возведения этих зданий в зимних условиях, как указывалось выше, дал положительные результаты.

За границей гипсовые материалы также, несомненно, применяются для наружных ограждений зданий, однако, в опубликованных литературных источниках мы не находим исчерпывающих данных о конструктивных особенностях таких зданий. Обычно сведения имеют рекламный характер и не могут быть полностью использованы. Во всяком случае известно, что во Франции, Германии и США имеются здания, в которых гипс использован для раствора при кладке стен, для бетона и в виде

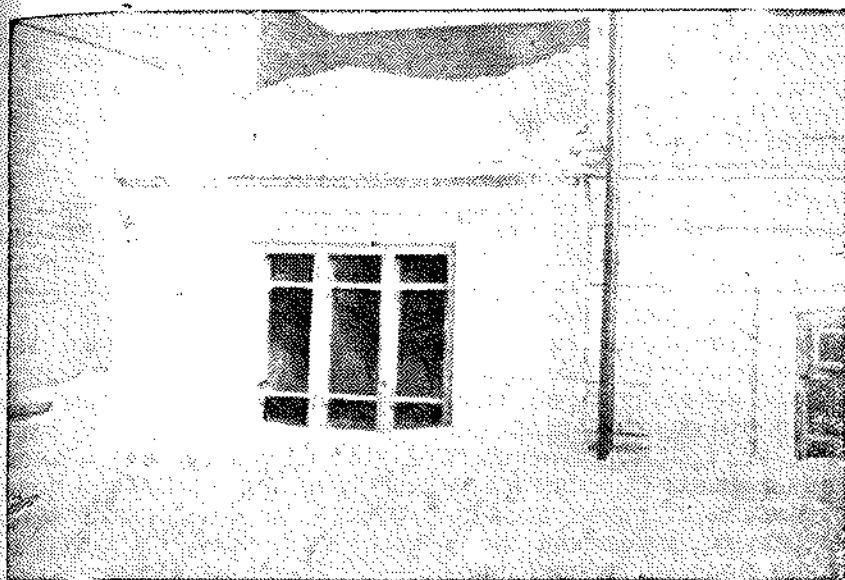


Рис. 27. Стена опытного здания в зимних условиях.

плит и блоков для наружных ограждающих конструкций. Так акад. П. П. Будников¹ пишет: „...там, где имеются большие залежи гипса в окрестностях Парижа и в северной Франции, гипс находит себе применение не только для штукатурных работ, но и для кладки кирпича и для приготовления бетона“.

ГЛАВА 5

„САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУЩЕСТВУЮЩИХ ГИПСОВЫХ ЗДАНИЙ

В некоторой степени вопрос о санитарно-гигиеническом состоянии зданий, построенных за последние годы из гипсовых блоков, был освещен нами в предыдущем разделе. Однако, дать исчерпывающую характеристику их эксплуатационных свойств не представлялось возможным за отсутствием литературных данных по этому вопросу, а систематических наблюдений за постройками с. Борнуково в зимний период их работы нельзя было установить за отдаленностью самих объектов (180 км от г. Горького).

Более глубокий анализ температурно-влажностного режима помещений и поведения наружных стен во вновь выстроенных зданиях лаборатории строительных материалов ГИСИ проведен нами в течение зимних и весенних месяцев 1940 и 1941 гг.

Температурно-влажностный режим помещений. В период

¹ „Гипс и его исследование“, 1933 г., стр. 57.

постройки опытного одноэтажного здания стены его подвергались влиянию проливных дождей, однако это обстоятельство не отразилось ни на дальнейшем режиме помещений, ни на внешнем состоянии поверхности блоков. Систематически в течение зимы и весны стены этого здания находятся в очень тяжелых эксплуатационных условиях (рис. 27), и все же за 6 лет существования данной постройки никаких следов разрушения стен нет, хотя они лишь дважды были побелены известковым молоком. Помещение, занятое модельной мастерской при кафедре строительных материалов ГИСИ, отличается сухостью и значительно лучше удерживает тепло при толщине стены в 38 см, чем соседние помещения в старом здании, сложенном на известковом растворе в 2,5 кирпича.

Более детально изучен нами температурно-влажностный режим двухэтажного здания лаборатории, изображенного ранее на рис. 22. График суточных колебаний температуры помещения в зимнее время (рис. 28) показывает, что при нормальной топке центральной системы водяного отопления один раз в сутки температура помещения не опускалась ниже $+12^{\circ}$ даже в сильные морозы, доходившие до -40° . Надо отметить, что система отопления гипсового здания проектировалась и выполнялась одновременно с установкой такого же отопления в примыкающем старом здании лаборатории, поэтому здесь легко было провести сравнительные исследования температурного режима стен и самих помещений. Ежедневно в 9 час. утра и в 5 час. дня в течение всей зимы регистрировалась температура воздуха помещений и поверхности стены в трех точках по высоте стены. Для точных замеров температуры поверхности стены применялись улиточные термометры, ртутный резервуар которых сделан в виде спирали с целью увеличить поверхность соприкосновения его со стеною.

Чтобы обеспечить удовлетворительный санитарно-гигиенический режим помещений и парализовать вредное влияние радиации от поверхности ограждения на организм человека, необхо-

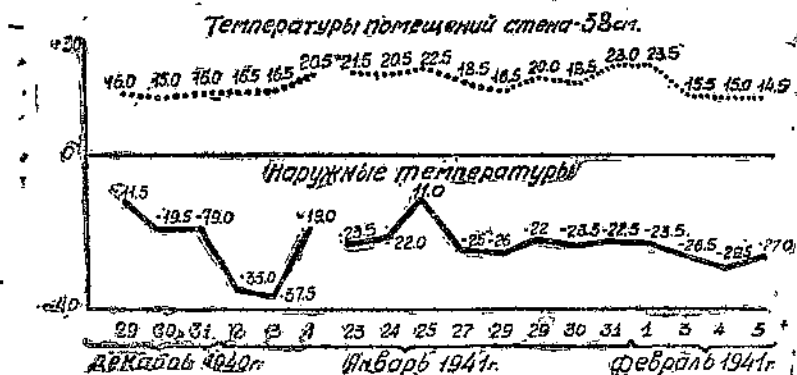


Рис. 28. График суточных колебаний температуры помещений гипсового здания за 2 года.

димо иметь на внутренней поверхности стены достаточно высокую температуру. Только в этом случае стены не будут давать неприятного ощущения холода и, кроме того, на поверхности ограждения не скажутся явления конденсата. Для удовлетворения этим условиям необходимо, чтобы разность температур поверхности стены и примыкающего воздуха помещений не превышала $5-6^{\circ}$ ¹

В зиму 1940 года мы имели следующий максимальный перепад температуры помещения и поверхности стены:

- а) в старом каменном здании при толщине стены 90 см. $1,3^{\circ}$
- б) в новом гипсовом здании, сложенном из блоков системы Булычева, при толщине стены 38 см. 3°
- в) то же при толщине стены в 26 см (одна опытная ком-ната) $4,4^{\circ}$

Казалось бы, температурные колебания в данном случае остаются в пределах санитарной нормы, однако, в установке улиточных термометров были допущены некоторые неточности. Так, по данным различных авторов², резервуары ртути улиточных термометров следует примазывать к поверхности стены гипсом или известковым тестом, смешанным с медными опилками. Такой прием прикрепления преследует цель—обеспечить наибольшую точность показаний термометром действительной температуры поверхности стены. Естественно, что в этом случае получаются совершенно другие показания термометра, существенно отличающиеся от предыдущих.

В течение зимы 1941 г., особенно в период наибольшего понижения наружной температуры воздуха, нами проводились тщательные наблюдения над разностью температуры помещения и поверхности стены на высоте 1,5 м от пола. Результаты испытаний указаны на рис. 29.

Как видим, эти результаты следует признать вполне удовлетворительными для помещений со стенами в 38 см, и лишь стена в 25 см показывает недостаточную теплоустойчивость ограждения для жилых и общественных зданий. Впрочем, надо подчеркнуть, что при относительной влажности помещений в пределах 50—65% мы ни разу не наблюдали на поверхности стены толщиной 25 см явлений конденсата или каких-либо дефектов. Такая стена, бесспорно, может найти себе применение при возведении промышленных зданий с нормальным влажностным характером технологических процессов.

Второе требование гигиенистов к микроклимату зданий—относительно равномерное распределение тепла на различных высотах помещения—также оказалось обеспеченным в пределах санитарных норм.

¹ Проф. В. Д. Мачинский „Теплопередача в строительстве“. 1939 г. Стр. 48.

² „Опытное жилищное строительство“—Гострудинздат 1931 г., стр. 162, Сборник трудов“, т. I, изд. Института коммунальной санитарии и гигиены, 1937 г., стр. 102.

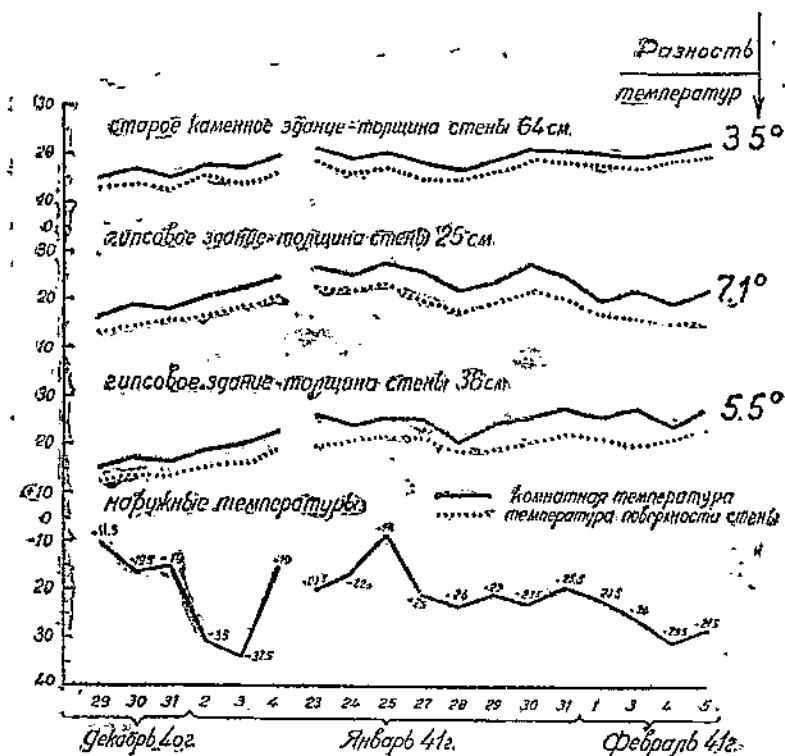


Рис. 29. График колебания температуры помещения и поверхности стены на высоте 1,5 м от пола.

Влажностный режим стен гипсовых зданий проверялся в условиях чрезвычайно жесткой их эксплуатации. Хорошей иллюстрацией этого положения служит рис. 27, показывающий условия жизни гипсовой стены в течение четырех зимних периодов. Снег примыкал к стене до подоконника и не убирался до весны, с крыши свешивались наледи, образовавшиеся во время оттепели.

В период интенсивного таяния снега были взяты пробы гипса с различной глубины стены, пробы шлака внутренней засыпки и навеска кирпича из стены соседнего старого здания, находившегося в тех же условиях эксплуатации.

Для большей наглядности результаты наблюдений весной 1941 года сведены в табл. 31.

Несколько повышенная влажность гипсовой стены одноэтажного здания № 1, как указывалось выше, была вызвана тяжелыми эксплуатационными условиями работы стены. Повышенная же влажность блока „Крестьянин“ из здания № 3 объясняется как очень поздним сроком передачи здания в эксплуатацию, так и неправильным устройством цокольной части стены. Кроме того,

Таблица 31

Откуда взята проба	Высота от уровня пола или грунта	Глубина взятия пробы	% влаги	Примечание	
I. ОДНОЭТАЖНОЕ ЗДАНИЕ № 1					
Гипсовая стена (с наружной стороны)	0,70 м	8—12 см	3,97	1. Сушка гипсовых проб проводилась в сушильном шкафу при темпер., не превышающ. 65°.	
То же	1,60 м	8—10 см	0,20		
Кирпичная стена	0,70 м	10—13 см	3,50		
Гипсовая стена (со стороны помещения)	0,70 м	10—20 см	0,26		
То же	0,70 м	6—10 см	0,19		
Кирпичная стена (со стороны помещения)	0,70 м	10—15 см	3,32	2. Сушка кирпичной пробы и шлаковой засыпки проводилась при темпер. 105°.	
II. ДВУХЭТАЖНОЕ ЗДАНИЕ № 2					
Гипсовая торцовая стена в 38 см, 1-й этаж (внутри помещения)	0,70 м	4—6 см	0,30		
То же (наружная стена)	0,70 м	12—15 см	0,65		
Гипсовая стена 2-го этажа, толщ. стены 25 см	0,70 м	10—12 см	0,39		
То же	0,70 м	16—18 см	0,84		
ЗДАНИЕ № 3					
(Лаборатория водоснабжения и канализации)				3. Все испытан. проведены в апреле 1941 г. 4. Стены каменного здания сложены на известковом растворе	
Гипсовый блок типа „Крестьянин“ (с наружной стороны стены)	1,20 м	11—13 см	2,60		
То же	1,70 м	11—17 см	0,96		
Шлаковая засыпка	1,90 м	10—14 см	3,72		

здание, за поздним временем, не было побелено известью, что должно было иметь также отрицательное влияние.

В летний период 1941 г. все эти дефекты были устранены.

Остальные данные, приведенные в табл. 31, с полной очевидностью показывают весьма благоприятные эксплуатационные условия жизни стен гипсовых зданий, что полностью совпадает с результатами наших наблюдений за работой стен ранее построенных гипсовых зданий в Горьковской области и с данными за 1940 год определения влажности стен опытных зданий ГИСИ.

По мнению гигиенистов¹, содержание влаги в штукатурке до 2—2,5% свидетельствует о достаточной сухости помещения и лишь количество воды 3,3—3,5%—о сырости. Эти нормы еще не являются научно обоснованными и поэтому подлежат дополнительному исследованию, однако, они могут быть приняты с достаточной точностью для суждения о влажностном режиме помещений в гипсовых зданиях. Как следует из табл. 31, стены

¹ Наркомздрав СССР „Сборник трудов“ Института коммунальной санитарии и гигиены, т. I, 1937 г., стр. 19—21.

гипсовых зданий имеют значительно более низкие показатели влажности, чем указанные выше нормы, и, что особенно характерно, более низкие, чем в каменном здании, находящемся в аналогичных условиях эксплуатации. Эти выводы являются несколько неожиданными, если особенно учесть укоровившееся у нас представление о структуре гипсовых материалов. Систематические и довольно длительные наши наблюдения не дают больше права строителям относиться с недоверием к материалу гипсовых стен, если приняты простые и вполне доступные меры конструктивной защиты и профилактики.

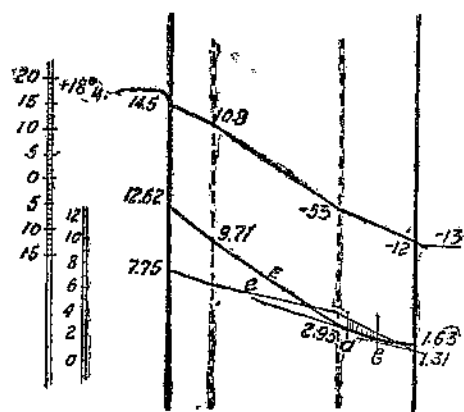


Рис. 30. График, определяющий возможность выпадения конденсата внутри стены.

Для выяснения вопроса о возможности выпадения конденсата внутри стены опытного здания лаборатории, построенного из блоков системы Булычева (горьковский вариант), нами проводились систематические наблюдения за влажностным режимом помещений и за влажностью ма-

териала стен на разной глубине ее.

По методу О. Е. Власова и К. Ф. Фокина построен график, изображенный на рис. 30, для следующих показателей:

- а) толщина блока 38 см, высота 21,5, длина 63,5 см;
- б) термическое сопротивление (см. ниже) $R = 1,306 \frac{\text{м}^2 \text{ час}^\circ \text{ Ц}}{\text{кал}}$;
- в) температура внутреннего воздуха $+18^\circ$, наружного -13° .
- г) относительная влажность 88%.

Температура на внутренней поверхности стены будет:

$$t_1 = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_0} R_{\text{в}} = 18 - \frac{18 + 13}{1,306} \cdot 0,133 = 14,8^\circ.$$

Температура на пограничном слое камня и засыпки

$$t_2 = 18 - \frac{18 + 13}{1,306} \cdot (0,133 + 0,17) = 10,8^\circ.$$

Температура на пограничном слое шлака и камня

$$t_3 = 18 - \frac{18 + 13}{1,306} \cdot (0,133 + 0,17 + 0,685) = -5,3^\circ.$$

Температура поверхности наружной стены

$$t_{\text{н.п.}} = 18 - \frac{18 + 13}{1,306} \cdot 1,258 = -12^\circ.$$

Сопротивление паропроницаемости

$$H_0 = \frac{0,07}{0,016} + \frac{0,19}{0,029} + \frac{0,12}{0,016} = 18,42 \text{ мм час м}^2/\text{г}.$$

Упругость на границе блока и шлака

$$e_a = 7,75 - \frac{7,75 - 1,31}{18,42} \cdot 4,37 = 6,23.$$

$$e_b = 7,75 - \frac{7,75 - 1,31}{18,42} \cdot 10,92 = 3,9.$$

Конденсация влаги будет происходить в точках а и б в гипсовом камне.

Количество влаги, проходящей через сухую зону камня со стороны помещения,

$$P_1 = \frac{7,75 - 2,60}{0,02} \cdot 0,016 = 4,1 \text{ г/м}^2 \text{ час.}$$

Количество влаги, проходящей через сухую зону наружу,

$$P_2 = \frac{2 - 1,31}{0,06} \cdot 0,016 = 0,45 \text{ г/м}^2 \text{ час.}$$

$$P = 4,10 - 0,45 = 3,65 \text{ г/м}^2 \text{ час.}$$

Количество влаги, которое будет конденсироваться в течение суток,

$$3,65 \times 24 = 87,6 \text{ г/м}^2.$$

Принимая толщину камня, где происходит конденсация влаги, за 4 см и объемный вес блока 1350 кг/м^3 , получим, что повышение влаги за сутки будет

$$\frac{0,087}{1350 \cdot 0,04} \cdot 100 = 0,161\%$$

Это количество влаги, накапливающееся за сутки внутри стены, совершенно ничтожно и не будет представлять какой-либо опасности для влажностного режима стены и помещений. Надо учесть, что нами взяты предельно высокие температуры внутреннего и предельно низкие температуры наружного воздуха. Для последнего принята средняя температура за январь. В связи с возможным увлажнением наружных стен типовых зданий при выпадении конденсата внутри ограждения, возникает вопрос о влиянии намокания на механическую прочность гипсовых блоков. Как известно, смачивание наружной поверхности стены дождевой влагой не представляет большой опасности для нормального влажностного режима ограждения, так как воздействие этой влаги носит временный, непродолжительный характер. Кроме того, легко осуществляемые меры защиты наружной поверхности стены от атмосферной влаги (о чем будет сказано ниже) понизят гигроскопичность блоков и сведут к минимуму значение метеорологических факторов.

Для исчерпывающей характеристики влияния намокания на механическую прочность гипсовых блоков приведем только некоторые примеры из серии наших опытов (табл. 32).

Казалось бы, что падение механической прочности сильно насыщенных гипсовых кубиков, достигающее 63—72% от прочности воздушно-сухих, является весьма значительным, однако, надо учесть, что такой влажности, как это было при проведении только что указанных испытаний, наружные ограждения получить не могут благодаря мерам конструктивной профилактики.

Таблица 32

Рецептура	Объемный вес кг/м ³	Механическ. проч- ность R сж. кг/см ²			Потеря меха- нической проч- ности		Размер образцов
		воздушно-су- хое состояние до насыщения	насыщ. водой	возд.-сух. со- стояние после насыщения водой и сушки	для влажного состояния в %	для воздуш. сухого состоя- ния в %	
Чистый гипс	1320	147,6	53,8	137,2	63,5	— 7,0	7×7×7 см
Гипс+шлак 1 : 1 . . .	1242	91,3	31,7	81,7	65,2	— 10,5	7×7×7 см
То же	—	125,2	35,1	116,0	71,9	— 7,31	7×7×7 см
Гипс+песок 1 : 1 . . .	1576	99,0	29,0	92,5	70,8	— 6,59	7×7×7 см
Гипс+10% опилкок . .	991	34,9	11,6	21,7	64,0	— 37,8	14×14× ×14 см
Гипс+ 2% опилкок . .	—	58,9	18,0	57,4	69,4	— 2,5	14×14× ×14 см
Кубики, выпиленные из блока	—	60,3	23,5	61,3	61,0	+ 2	14×14× ×14 см

Надо подчеркнуть, что до момента испытания в состоянии полного насыщения гипсовые кубики погружались в воду на 24—48 часов, и все же их наименьшая механическая прочность оставалась на довольно высоком уровне, в пределах 25—50 кг/см². Вряд ли при этих условиях можно ожидать катастрофических явлений в наружных стенах зданий, как об этом принято было думать до последнего времени.

Для большей наглядности влияния намокания на механическую прочность гипсовых материалов приведен график, изображенный на рис. 31.

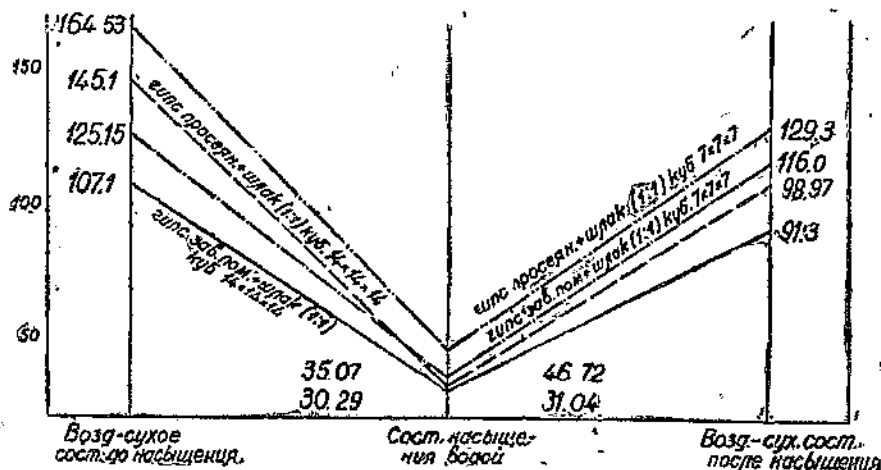


Рис. 31. Влияние насыщения водой и последующего высушивания на механическую прочность образцов:

В развитие указанных выше положений приведем несколько характерных примеров:

1. Из блока, сделанного осенью на открытой строительной площадке и пролежавшего всю зиму и весну на воздухе, было выпилено 10 кубиков. Пять из них были испытаны сейчас же во влажном состоянии и дали $R_{сж.} = 14,4 \text{ кг/см}^2$. Пять других, просушенных до постоянного веса, дали в среднем $36,2 \text{ кг/см}^2$.

2. Из блока (гипс + шлак), изготовленного ранее в помещении, выпилены кубики, временное сопротивление сжатию которых в сухом состоянии оказалось равным $60,3 \text{ кг/см}^2$. Водопоглощаемость их— $23,73\%$. После двухдневного хранения временное сопротивление упало до $19,03 \text{ кг/см}^2$; находившиеся под водою 1 час дали в среднем $23,5 \text{ кг/см}^2$, высушенные же до постоянного веса вновь повысили свою прочность, показав в среднем $61,33 \text{ кг/см}^2$.

3. Контрольные кубики $14 \times 14 \times 14 \text{ см}$, приготовленные летом 1938 года и пролежавшие осень, зиму и часть весны 1939 года под навесом, были испытаны в конце апреля. Среднее значение из 10 образцов $R_{сж.} = 52,2 \text{ кг/см}^2$. Десять образцов из этой же партии (гипс + 50% шлака) высушивались в помещении до постоянного веса и при влажности 0,46% показали временное сопротивление сжатию $71,18 \text{ кг/см}^2$.

Эти данные, как и результаты испытаний отдельных блоков типа „Крестьянин“ и целых простенков в сухом, насыщенном и влажном состоянии, легли в основу разработки расчетных норм, указанных ниже.

Защита гипсовых стен от влияния атмосферной влаги. Как в заграничной, так и в отечественной практике существует много способов для повышения водоустойчивости гипсовых деталей. Основные мероприятия затрагивают три направления:

- а) улучшение качества сырья-полугидрата,
- б) применение новой, улучшенной технологии процессов изготовления деталей,
- в) защита гипсовых изделий различного рода покровными пленками (покраской, побелкой) и пропитывающими составами.

Улучшение качества сырья полугидрата имеет, несомненно, первенствующее значение, как об этом говорилось выше в разделе о повышении прочности гипсовых материалов. Здесь следует лишь подчеркнуть, что, с точки зрения погодоустойчивости гипса, различными авторами предлагаются те или иные добавки, существенно улучшающие сопротивляемость гипса атмосферной влаге, но одновременно удорожающие продукцию или ухудшающие теплотехнические свойства изделия.

В качестве примера приведем предложение Академии коммунального хозяйства, по которому водоустойчивость гипса достигается введением в него извести от 2 до 10% и гранулированного доменного шлака в количестве 15—40%. Естественно, что и известь, и гранулированный доменный шлак значительно повысят стоимость единицы продукции; кроме того, не всегда

совпадают возможности иметь в том же районе, который богат гипсом, одновременно известь и доменное производство.

Центральной лабораторией Ленгорпромстрема¹ были опробованы такие добавки, как известь-пушонка, сипшоф, размолотая кирпичная мука и даже портландцемент (1). Существенных результатов достигнуто не было.

О более удовлетворительных результатах применения добавок, а именно извести-кипелки в количестве 10—15%, сообщает в своем отчете инж. Дворкович (Уральский индустриальный институт). По данным автора отчета, добавка извести-кипелки к гипсу довольно сильно снижает водогипсовый фактор, что в свою очередь отражается на повышении механической прочности отливки. Одновременно ускоряется сушка готовых изделий, за счет меньшего содержания в них воды, подлежащей удалению. Вместе с тем инж. Дворкович подчеркивает, что образцы с добавкою извести-кипелки увеличивают свой объемный вес на 10—20% по сравнению с чисто-гипсовыми образцами.

Применение высокой технологии процессов изготовления—вибрации, прессования и трамбования—было подробно освещено выше и не требует повторения.

Защита гипсовых изделий различного рода покровными пленками является наиболее простым и действенным средством повышения атмосфероустойчивости гипсовых материалов. Как и в предыдущих случаях, имеется большое количество различных рецептов и предложений, однако, все они отличаются большей или меньшей сложностью, дефицитностью реактивов и, подчас, слабыми защитными свойствами. Так, для создания устойчивого покрытия рекомендуются: парафин, стеариновая кислота, воск в бензоле, растворы смол, асфальтовый лак и др.

В нашей работе проверены следующие мероприятия:

- а) добавка в гипс молотой негашеной извести;
- б) побелка известковым молоком;
- в) силикатирование и флюатирование;
- г) масляная покраска за два раза с предварительным покрытием поверхности теплой олифой и
- д) покраска казеиновыми красками.

Испытывались изготовленные из строительного гипса плитки и кубики, защищенные одним из указанных выше способов. Плитки из строительного гипса без добавки извести, поставленные в наклонном положении в раковину (рис. 32) и подвергшиеся непрерывному действию струи воды высотой 35 см, давали сквозное отверстие через 1—1,5 часа. Такие же плитки с добавлением известкового теста давали первые признаки разрушения через 1,5—2 часа, а сквозное отверстие образовалось только после 4—5 часов. Плитки с добавлением молотой нега-

¹ Инж. Г. С. Палагин и инж. М. С. Куроцапов „Повышение атмосфероустойчивости гипсовых изделий“, журнал „Промышленность строительных материалов“ № 3 за 1941 г.

шеной извести в количестве 30% и хорошо выдержанные оказались устойчивыми против размыва в течение четырех суток.

Силикатирование и флоатирование хотя и дают лучшие результаты, но и их все же нельзя считать достаточными.

Очень хорошее сопротивление размыву струей воды оказали плитки, покрашенные масляной краской; первый дефект появился только через одиннадцать дней, причем за следующие сутки струя воды причинила пластинке совершенно незначительные повреждения.

Еще лучшие результаты получены при применении казеиновой краски с небольшой добавкой олифы. За два месяца непрерывного действия воды на пластинку не обнаружено каких-либо повреждений покровного слоя.

Такому же влиянию струи воды подверглись и кубики из чистого гипса и гипса с добавкою молотой извести. Результаты этих испытаний оказались аналогичными результатам испытаний пластинок.

Совершенно иная картина получается при проверке атмосферостойкости масляной и казеиновой покраски или известковой побелки как на пластинках, так и на кубиках, пролежавших долгий срок на „крышной станции“. В течение трех месяцев (с 14/III-1940 г.) покровный слой почти не сохранился, за исключением образцов, покрытых масляной краской. Но что особенно характерно—это полная сохранность за 3 года формы у поверхности и углов как у пластинок, так и у кубиков, даже у образцов, не покрытых каким-либо составом.

Внешний вид пластинок и кубиков, пролежавших на крышной станции с 14 марта 1940 года по 16 марта 1943 года, представ-

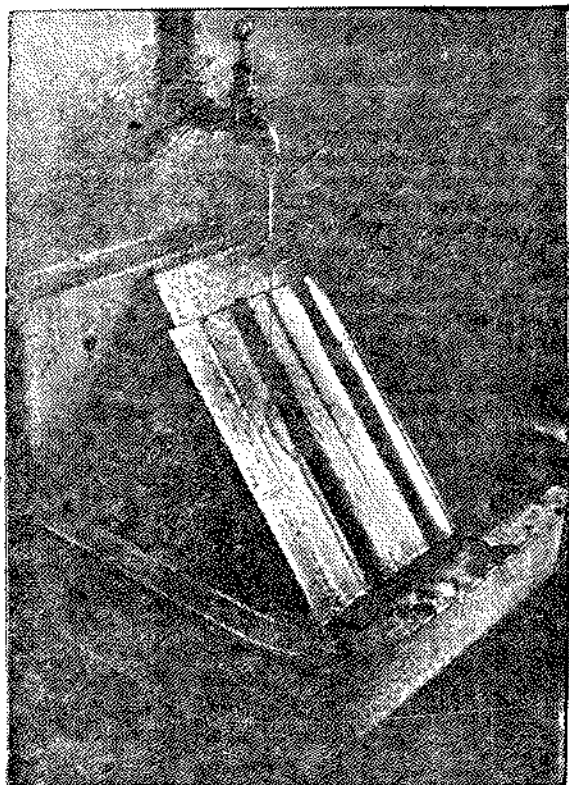


Рис. 32. Плитки из строительного гипса, подвергшиеся непрерывному действию струи воды.

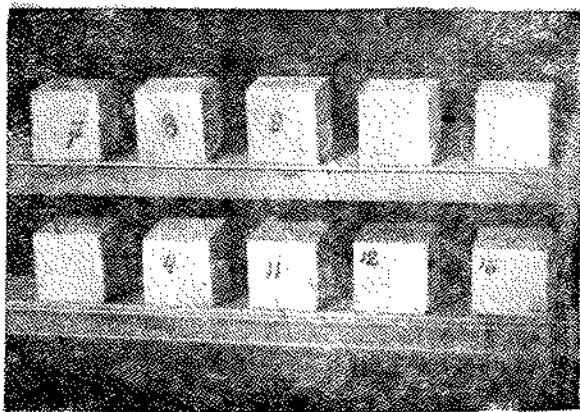


Рис. 33. Внешний вид кубиков, пролежавших на „крышной станции“ с 14 марта 1940 г. по 16 марта 1943 г.

мкость гипсовых материалов влиянию атмосферной агрессии полностью совпадает с результатами наших наблюдений за состоянием гипсовых зданий в районах Горьковской области. Стены этих зданий не имеют каких-либо мер защиты, кроме конструктивных, и все же они прекрасно сохранились. Повреждения замечаются только у самого цоколя.

В производственной обстановке мы проверили эксплуатационные условия работы стен опытных зданий ГИСИ, защищенных как известковой побелкой, так и казеиновой краской. Оба способа показали хорошую атмосфероустойчивость за 5—6 лет работы, но предпочтение все же надо отдать известковой побелке, так как казеиновая краска менее устойчива и в то же время она ложится неровно, пятнами. Лучшие результаты получаются при применении белой казеиновой краски. На рис. 22а показан вид дворового фасада лаборатории кафедры строительных материалов ГИСИ, покрытого белой казеиновой краской.

Приготовление устойчивой известковой побелки подробно описано в изданной в 1934 г. Военно-строительным управлением РККА книге „Конструктивные детали зданий“, том III (стр. 223). Согласно указаниям автора, основное внимание при приготовлении краски должно быть обращено на тщательное соединение олифы с известью, для чего олифа в количестве 50% вводится в состав известкового теста при затворении известки-кипелки строго фиксированным количеством воды. Повышенная температура, развивающаяся при гашении извести, способствует образованию кальциевых мыл, жирных кислот и равномерному распределению их по всему составу. Добавка олифы является необходимым условием хорошего качества покраски, причем введение олифы в холодный раствор не дает положительных результатов.

Лучший способ гашения извести состоит в том, что известь сразу смешивается с необходимым для этого количеством воды,

лен на рис. 33. Атмосфероустойчивость их весьма хорошая. Мало того, испытание на сжатие кубиков $7 \times 7 \times 7$ см, высушенных до постоянного веса, показало очень высокую сопротивляемость их сжатию. При колебаниях от 73,7 до 110,1 кг/см² мы имели все же в среднем около 90 кг/см². Надо подчеркнуть, что такая хорошая сопротивляе-

так как только в этом случае получается материал высокого качества. Обычно на одну весовую часть извести-кипелки расходуется 3 весовые части воды.

На оштукатурку и побелку за 1 раз расходуется на каждые 100 м² поверхности стены:

а) извести-кипелки до 18 кг или известкового теста около 28 кг,

б) олифы 0,7 кг.

Резюмируя изложенное выше, приходим к заключению, что периодическая известковая побелка по указанному только что способу является желательным мероприятием дополнительной защиты (кроме конструктивных мер) наружных стен зданий от атмосферной влаги. Этот прием тем более следует рекомендовать, что при всей своей простоте и экономичности он оказался вполне достаточным для сопротивления материала стен влиянию агрессивной метеорологической влаги.

ГЛАВА 6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИПСОВЫХ БЛОКОВ

Индустриализация строительного производства диктует необходимость решения наружных ограждений зданий из укрупненных элементов. Применяемые в настоящее время крупные блоки на основе гидравлических вяжущих и тяжелых или легких заполнителей изготовляют из условий технологических и производственных процессов весом от 0,5 до 2 т.

В какой мере при изготовлении гипсовых блоков следует использовать опыт крупноблочного строительства? Гипсовые изделия в короткие сроки приобретают достаточную монтажную прочность и потому легко могут быть использованы в качестве крупных элементов зданий; однако, до решения ряда теоретических положений (увеличение сопротивляемости гипсовых материалов динамическим усилиям и пр.) и практической проверки их в строительстве, приходится ограничиться в настоящее время блоками ручной укладки. Вес таких блоков устанавливается из расчета укладки их одним или, в крайнем случае, двумя каменщиками и, следовательно, будет находиться в пределах 20—50 кг.

Выбор типа блока по конструктивным и производственным признакам. В строительстве зданий могут найти применение как сплошные, так и пустотелые блоки различных типов. С точки зрения расхода гипса, уменьшения объемного веса и повышения теплоизолирующей способности стены пустотелые блоки являются, несомненно, более эффективными.

Очень хорошие результаты по расходу гипса дают блоки системы инж. Г. Г. Булычева (рис. 34), имеющие до 40—50% пустот по площади поперечного сечения.

Так, при соотношении компонентов 1:1 (гипс, шлак) на 1 м² стены толщиной 40 см расходуется всего лишь 144 кг гипса,

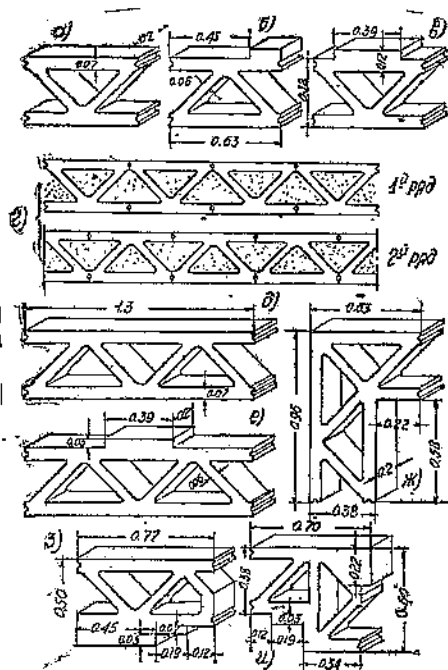


Рис. 34. Блоки системы Булычева (горьковский вариант).

в то время когда стена из сплошных гипсовых блоков должна быть выполнена не тоньше 45 см, что потребует на 1 м² около 300 кг гипса.

Блок системы инж. Булычева дает комбинированное конструктивно-термическое решение, ибо основой его является жесткий каркас из двух параллельных поясов и раскосной решетки. Треугольные пустоты между решеткой и поясами (рис. 34), будучи заполненными хорошим термоизоляционным материалом (шлак, глиноопилочные бетоны, пеногипс и др.), значительно повышают термическое сопротивление стены. Гипсовые отливки допускают широкое применение фигурных блоков—поясковых, пилястровых, раскреповочных и карнизных, имеющие уже довольно большие размеры. На рис. 34 даны примеры выполнения фигурных блоков, уложенных в стены двухэтажного зда-

ния лаборатории строительных материалов ГИСИ.

Блоки системы Булычева обладают и некоторыми недостатками. Основной недостаток—это слабая сопротивляемость выступа (рис. 34а) скалывающим усилиям, что может иметь существенное значение при транспортировке блоков на строительную площадку. Не менее важное значение имеет и второй отрицательный показатель—это сложность укладки раствора на узкие полоски версты и раскосов. Чтобы облегчить укладку раствора, можно производить засыпку пустот каждого ряда в отдельности шлаком или укладывать заранее заготовленные фигурные утепляющие вкладыши. Однако и тот и другой прием отличаются кустарностью, и надо искать лучших путей для индустриального скоростного строительства.

Инж. Булычев несколько видоизменил тип гипсового блока, впервые предложенного нами в 1937 году, по образцу крупных блоков из бетона, применявшихся Г.Г. Булычевым в Прибалхашстрое. Новый блок (рис. 35а) обладает более устойчивым выступом и лучше сопротивляется скалыванию при транспортировке. Применением в рецептуру блока доменных гранулированных шлаков инж. Булычев достиг некоторого утонения стенок блока и общей толщины стены (35 см). Следует однако заметить, что возможности использования доменных гранулированных шлаков в качестве заполнителей весьма ограничены и вряд ли могут

быть рекомендованы в широком масштабе. Кроме того, в новом блоке значительно понижается пустотность, оставаясь в пределах 38—44% вместо 52—56% в блоках ГИСИ.

Для повышения транспортабельности и улучшения термических свойств блоков системы Булычева ЦНИПС заполняет пустоты их пеногипсом вслед за изготовлением самих блоков. Рецептура пеногипса, рекомендуемая временной инструкцией Наркомстройа, была указана выше.

Для кладки стен зданий вполне пригодны также гипсовые блоки системы Торлецкого (рис. 36), применявшиеся в широком масштабе при теплобетонной кладке.

Обладая рядом положительных свойств, они все же имеют ограниченное применение, так как возможность выполнения пустотной кладки зависит от наличия хорошего материала для засыпки пустот. Весьма существенны также и затруднения с выполнением кладки в дождливое время года, так как шлаковая засыпка будет сильно намокать.

С 1938 года мы перешли к применению блоков типа „Крестьянин“ (рис. 37), используя имевшиеся у нас станки от заготовки шлако-бетонных камней. Опыт оказался очень удачным, так как эти блоки вполне транспортабельны и очень удобны в укладке. Вес каждого блока около 20 кг.

Блоки типа „Крестьянин“ менее экономичны по расходу гипса, так как имеют всего лишь от 24 до 30% пустот, но они дают возможность, с другой стороны, пойти на некоторое понижение марки гипсобетона путем применения более тощей рецептуры 1:1 (гипс, шлак) или даже 1:1,5 в то время, когда блоки Булычева лучше выполнять при соотношении составных частей как 1:0,6 или 1:0,75. Таким образом на 1 м² стены из блоков „Крестьянин“ расходуется до 200 кг гипса. Эти блоки могут применяться для кладки наружных стен без засыпки средних (сквозных) пустот шлаком. Так как большая часть

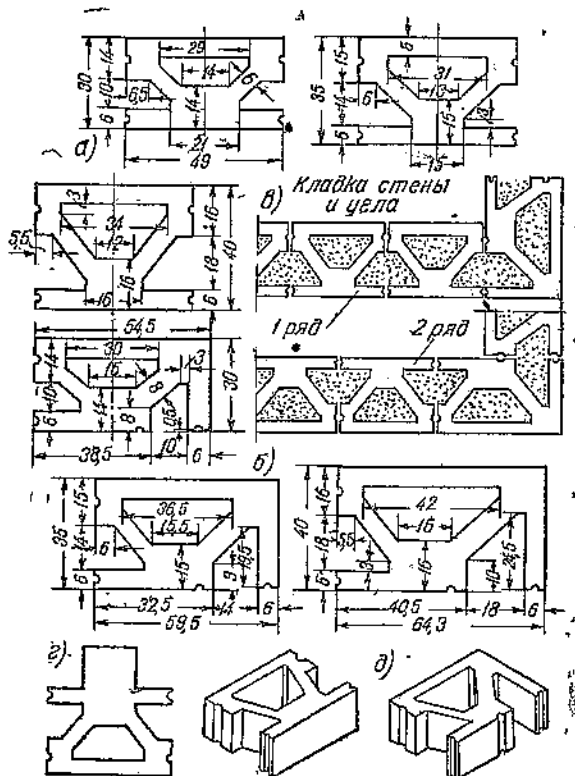


Рис. 35. Видоизмененная конструкция блоков системы Булычева.

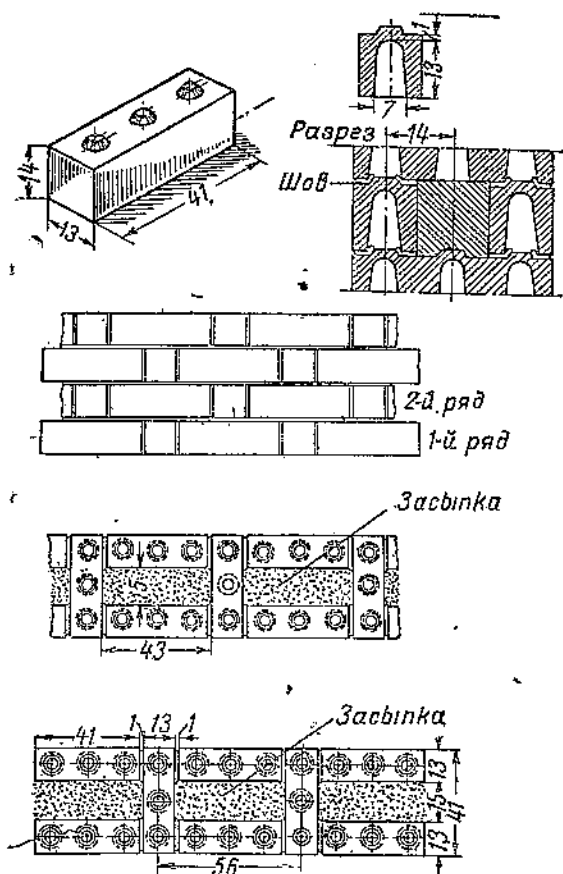


Рис. 36. Блоки системы Торлецкого.

кладки тонкой металлической пластинки при формовке. Как самая заготовка половинок, так и укладка их в дело сильно затрудняют работу, почему было бы лучше применять блоки толщиной 25 и 15 см и укладывать их попеременно в рядах (т. е. лицевая верста—25 см, в следующем ряду—15 см и т. д.).

Замыкание отдельных рядов кладки в углах осуществляется специальными угловыми блоками, отличающимися лишь торцевой частью и размерами от обычных половинок. Для создания непроницаемости стен для воздуха через вертикальные швы следует сдвигать блоки в соседних рядах кладки в пределах до $\frac{1}{2}$ камня (рис. 38).

На опытной постройке 5-го мельзавода (ст. Сейма) мы применили пустотелые блоки размером $50 \times 38 \times 20$ см, т. е. сразу во всю толщину стены (рис. 37в). Такой блок весит уже 41—42 кг, что ведет к необходимости укладывать их в стену при помощи двух каменщиков. Несмотря на этот недостаток, мы все

отверстий в камне—не сквозные и обращены вниз (рис. 37, разрез аб), то укладка раствора может выполняться современными промышленными методами. Надо полагать, что блоки типа „Крестьянин“ получат у нас массовое распространение, как наиболее эффективные.

Для малоэтажных зданий, высотой в один-два этажа, можно несколько сократить расход гипса, если увеличить объем пустот за счет уменьшения толщины стенок блока (рис. 37б), для чего следует только видоизменить средний вкладыш станка.

При размерах блока $50 \times 20 \times 20$ см на каждый второй ряд кладки приходится применять половинки (рис. 38), приготовляемые из целого блока путем его распиловки или за-

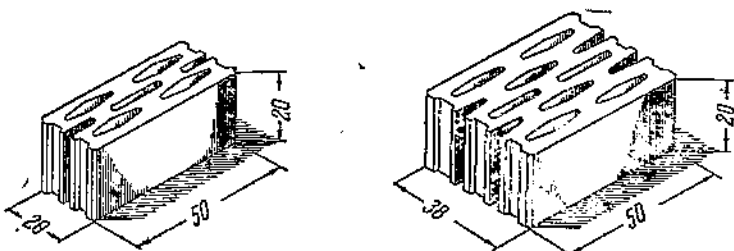
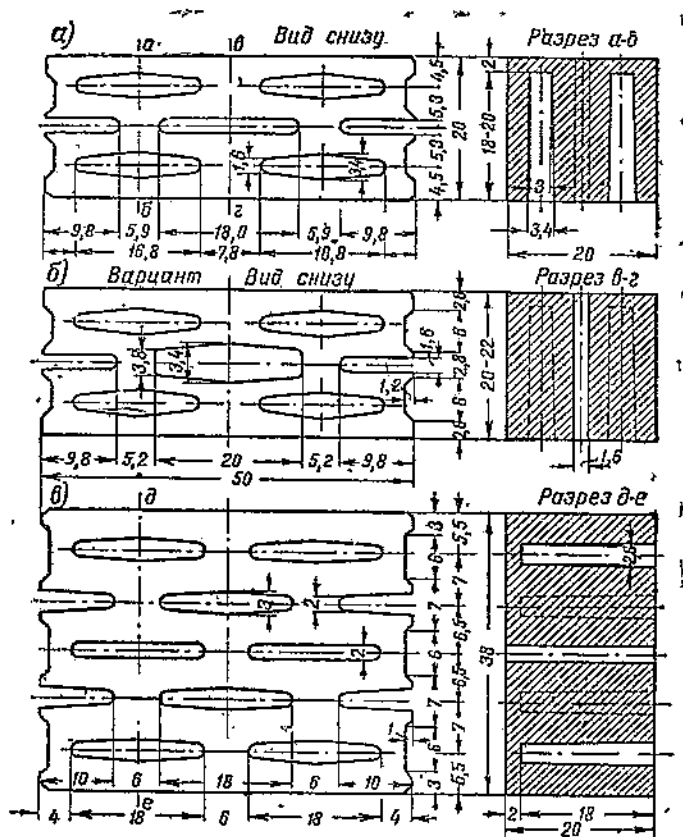
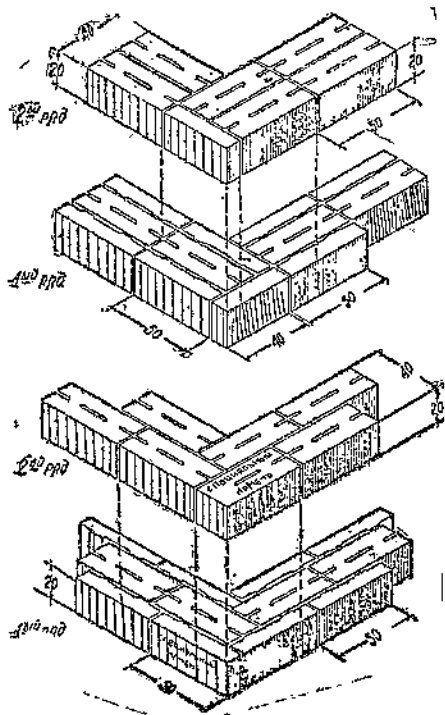


Рис. 37. Варианты блоков системы „Крестьянин“.

же считаем опыт применения этих блоков удачным, подлежащим использованию на других объектах.

По заданию кабинета строителей техники Академии архитектуры мы разработали гипсовые блоки нескольких размеров из расчета толщины стены в 35 см (рис. 39). Укладывая широкий вертикальный шов, можно довести и эту стену до 38 см, если это окажется рациональным по теплотехническим соображениям (рис. 396).



В 1941 году автором настоящей работы предложена новая система кладки—из мелких гипсовых блоков, располагаемых в два ряда по фронту стены (рис. 40) с заполнением промежутка между двумя параллельными стенками пенегипсом, шлаком или готовыми вкладышами из различных теплоизоляционных материалов (гипс с опилками, газогипс и пр.). Кладка выполняется из мелких блоков, напоминающих по форме большой блок типа „Крестьянин“, но отличающихся от него своими размерами и конфигурацией торцевой части.

Размер гипсового кирпича $26 \times 13 \times 14$ см, вес—около 5 кг. Все размеры строго обоснованы, а именно: длина принята из учета размера красного или силикатного кирпича со швом, который в гипсовой кладке фактически отсутствует, вертикаль-

ный модуль принят в 15 см (при высоте блока 14 см), а ширина гипсового кирпича допускает возможность устройства стены в 38 см толщиной.

Такой кирпич очень рентабелен, удобен в работе, при транспортировке и в самой укладке. Его внедрение, несомненно, даст значительное повышение производительности труда в кладке. Хотя сам по себе каждый кирпич в отдельности имеет пустотность всего лишь в 19% по площади поперечного сечения (рис. 41), но из учета шести рядов кладки по вертикали (рис. 40),

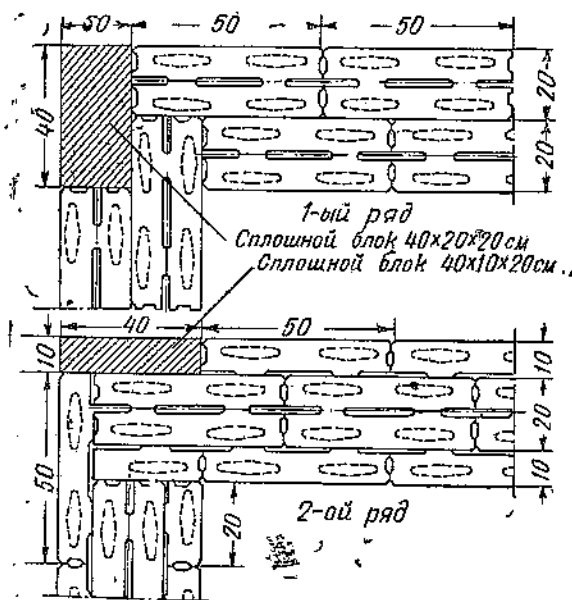


Рис. 38. Расположение блоков типа „Крестьянин“ в кладке.

общая пустотность может быть принята в 48%, что выше пустотности всех остальных систем. Несмотря на такое значительное ослабление сечения кладки, она все же может быть признана достаточно прочной в силу хорошей перевязки рядов тычковым кирпичом через каждые четыре ряда по высоте и высокой прочности самого кирпича, изготовляемого прессованием или при помощи вибрации.

Расположение рядов гипсового кирпича в стене, примыкание внутренней стены к наружной и приемы укладки указаны на рис. 42.

К преимуществам предлагаемой кладки можно отнести следующие положения: а) легко может быть освоено изготовление блоков под давлением на простейших станках, б) засыпка между рядами кладки не будет давать такой осадки, как в блоках системы Бульчева, „Торонто“ и др., в силу ограниченности ее высоты, в) раствор укладывается без всяких осложнений и г) принятые размеры блоков дают возможность легко осуществлять комбинированную кладку с обыкновенным кирпичом, если это потребовалось бы по тем или иным соображениям.

Для перевязки каждого пятого и шестого ряда кладки следует применять специальные торцовые кирпичи, что несколько осложняет работу.

По данным Уральского индустриального Института им. С. М. Кирова (инж. Е. А. Дворкович) для района Свердловска, при принятой ими конструкции блока (рис. 43) достаточна толщина стены в 26 см. Блок размером $51,5 \times 26 \times 29,5$ см имеет по ширине 5 рядов замкнутых пустот, расположенных в 4 ряда по длине блока. Стенки блока выполнены всего лишь в 1,5 см (крайние в 2,5 см). Весь блок производит впечатление ажурной отливки. Возможность выполнения такой легкой конструкции блоков объясняется отказом от применения заполнителей и ориентацией на гипсовые многопустотные тонкостенные камни. При этих условиях полнее могут быть использованы физико-механические свойства гипсовых материалов, так как заполнители, как правило, понижают их прочность и атмосферостойчивость.

По данным автора (тезисы к докладу 24/IV 1941 г. на совместном заседании техсоветов НКПСМ и Наркомстроя), на опыт-

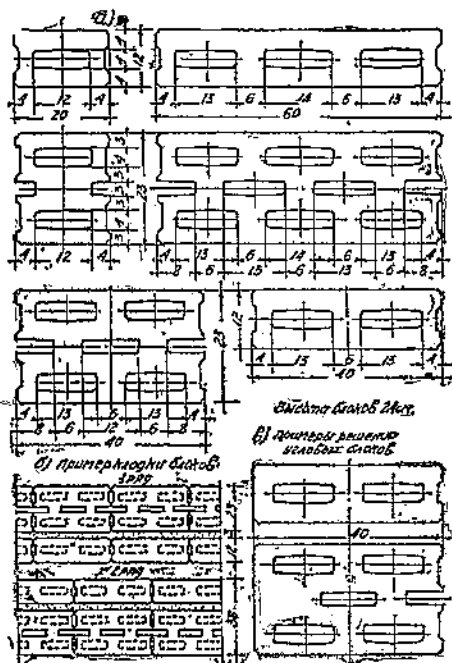


Рис. 39. Гипсовые блоки для стены толщиной 35—38 см.

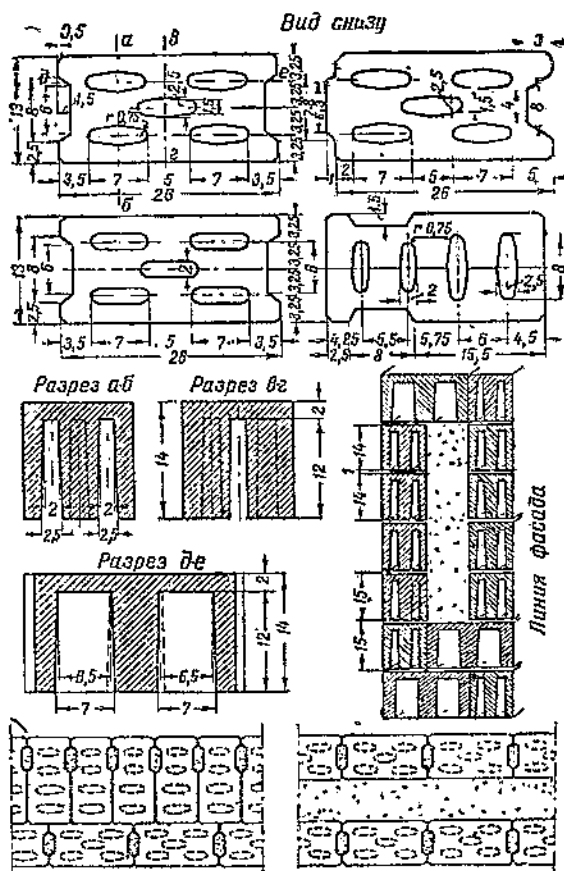


Рис. 40. Кладка стен из мелких пустотелых блоков (гипсовый кирпич) по системе проф. Памютина.

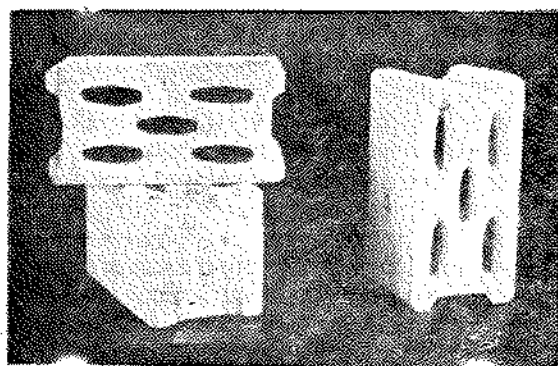


Рис. 41. Пустотелый гипсовый кирпич.

ных постройках в районе Златоуста эти блоки оправдали себя при изготовлении, транспортировке и укладке в дело. Стена в 26 см оказалась достаточно теплоустойчивой, как и предполагалось по теоретическим предположениям и расчетам.

Мы склонны считать, что при проверке теплозащитных свойств стены точными измерительными приборами (тепломерами) она окажется недостаточно устойчивой. Кроме того, стенки самого блока настолько малы, что вряд ли могут оказать нужное сопротивление динамическим усилиям. Следует отметить еще одно очень существенное обстоятельство — автором блоков не учитывается возможность применения вибрации и особенно прессования для значительного повышения механической прочности гипсобетона. При этих условиях количество легкого заполнителя может быть доведено до 80—100% от веса гипса, и все же механическая прочность будет не ниже, чем при литых блоках из одного гипса.

Группой научных работников предложены в последнее время Т-образные блоки, получившие название

„Украинец“ (рис. 44). При наличии ряда положительных показателей — хорошей перевязки швов и однородности блоков, они обладают и существенными недостатками. Основные из них — сложность очертания блока и слабая, сопротивляемость выступающей части скалывающим усилиям.

Сплошные блоки находят себе применение при отсутствии станков и форм для изготовления пустотелых камней. В связи с пониженными в этом случае теплотехническими свойствами стены, следует стремиться к уменьшению объемного веса сплошного камня путем замены части гипса легкими заполнителями, при условии, однако, сохранения его механической прочности.

Общая характеристика наиболее употребительных блоков приведена в табл. 33 и 34.

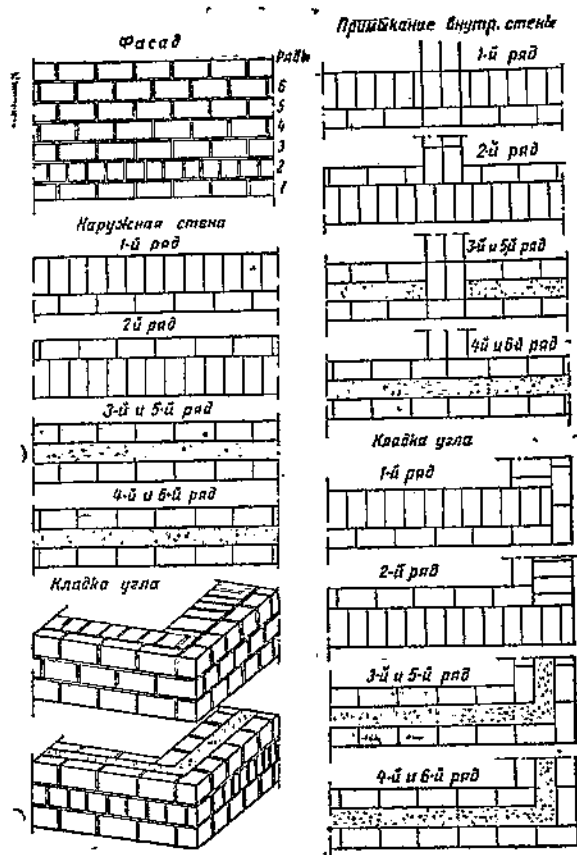


Рис. 42. Расположение рядов гипсового кирпича в стене.

Таблица 33
Основные показатели физико-механических свойств различных блоков

Тип блока	Толщина стены, см	Объем камня нетто, л.	Вес камня, кг	Колич. камней на 1 м ² стены	Объем гипсо-бетона на 1 м ² стены, м ³	Расход на 1 м ² стены для блоков состава 1 : 1 (гипс, шлак)				Вес	
						гипса, кг	шлака, кг	шлака на засыпку, кг	раствора, кг	блоков на 1 м ² стены, кг	1 м ² стены (полный), кг
Сплошной блок	45	22,0	29,5	19,2	0,422	295	262	—	90	566	656
„Крестянин“	40	14,7	19,7	19,2	0,282	197	175	—	54	372	426
Сист. Торлецкого	41	6,0	7,9	36	0,213	149	132	108	40	281	429
„Булычева“	40	20,6	27,6	10	0,206	144	128	130	40	272	442
„Дворковича“	38	24,2	29,2	10	0,242	290	—	—	40	290	330
„Панюткина“	38	3,6	4,9	65	0,234	164	145	70	48	309	427
„Украинец“	38	15,2	20,3	18,6	0,282	197	175	—	54	372	426

Примечание. При расчете принято:

- а) Объемный вес гипсобетона состава 1:1 — по объему 1340 кг/м³.
- б) " " гипса — 900 кг/м³.
- в) " " шлака — 800 кг/м³.
- г) " " гипсовой отливки — 1200 кг/м³;
- д) расход на 1 м³ гипсобетона—гипса 700 кг и шлака 620 кг;
- е) вес гипсобетона и стены принят для блоков, содержащих 1,5—2% влаги (сверх кристаллизационной); расчетный вес стены при условии повышенной влажности увеличивается дополнительно на 5—6%;
- ж) стена из камней Дворковича принята в 38 см из условия полной ее теплоустойчивости.

Таблица 34

Конструктивно-производственная характеристика блоков

Тип блоков	Положительные показатели	Отрицательные показатели
Сплошной блок	Упрощенные приемы изготовления рядовых и фигурных блоков (поясковых, карнизных и пр.). Возможность легко осуществить давление при формовке.	Значительный расход материала (гипса и шлака). Повышенный вес блока и стены. Наибольшая толщина стены по сравнению со стенами из пустотелых блоков.
„Крестьянин“	Транспортability, удобны в укладке в связи с простой формой и ограниченным весом блока и стены. Не требуют засыпки пустот шлаком. Наличие готовых станков, применявшихся для шлако-бетонных камней.	Необходимость изготовления продольных половинок блока для возможности перевязки швов в двух соседних рядах кладки. Необходимость заготовки отдельных угловых блоков.
Системы Торлецкого	Однотипность камня для кладки стен и углов. Ограниченный расход гипсобетона при значительном проценте пустотности кладки. Удобство центрировки камней при укладке из-за наличия выступов на верхней постели блоков. Малая осадка засыпки при наличии диафрагм через 4 ряда камней.	Возможность выполнения пустотной кладки лишь при наличии материала для засыпки пустот. Повышенная толщина стены (41 см) против толщины стен других систем (38—40 см).
Системы Булычева	Малый расход гипсобетона в силу значительной пустотности (44%) кладки.	Хрупкость выступающих частей блока при транспортировке. Необходимость систематической засыпки пустот или предварительного заполнения их пеногипсом. Возможность осадки засыпки.
Системы Дворковича	Ограниченный вес стены. Изготовление блоков без применения заполнителей в силу малой толщины стенок (1,5 см). Повышенные тепло-технические свойства блоков.	Затруднительность выемки блоков из форм при изготовлении. Повышенный вес блока (29 кг). Слабая сопротивляемость динамическим усилиям. Перерасход гипса за счет отсутствия заполнителя.

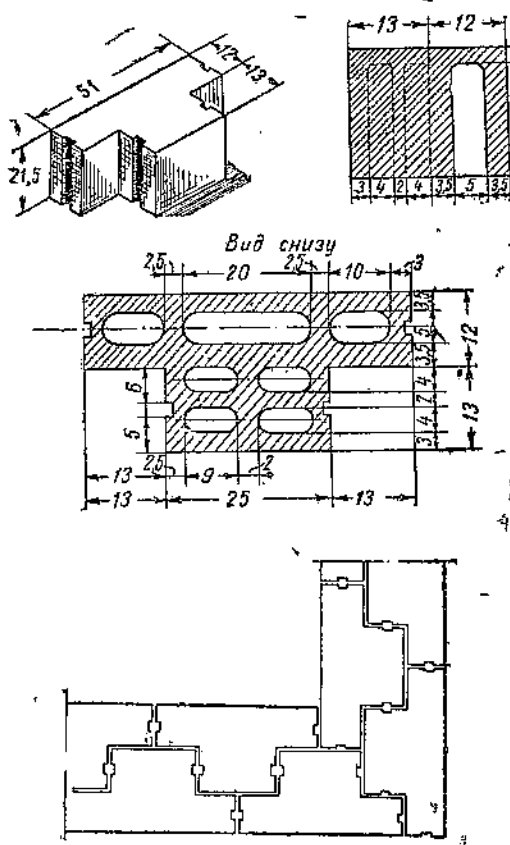


Рис. 44. Блоки „Украинец“.

В некоторых районах, богатых залежами легко-го заполнителя, при от-сутствии металлических станков, не исключается возможность применения сплошных блоков, изго-товляемых в деревянных формах (рис. 45). Такие же сплошные блоки прихо-дится заготовлять в про-стейших формах и в тех случаях, когда надо иметь небольшое количество фигурных камней (пояс-ковых, сандриковых и др.), не укладывающихся в типовую схему.

Разборная деревянная форма для блоков систе-мы Булычева (рис. 46) отличается некоторой сложностью, однако, как показал опыт, сборка и разборка такой формы производится сравни-тельно быстро и просто. При наличии нескольких форм работа идет непре-рывно, ибо выдерживать отливки в формах доста-точно в течение 5—6 мин.

Чтобы избежать прилипания гипсовой отливки к деревянной форме, обычно рекомендуют смазывать стенки различными со-ставами — смесью мыла и керосина, машинным маслом и пр. Наша практика показала, что этого делать не следует, так как в дальнейшем с жирной поверхностью блоков плохо вяжется известковая побелка, а масляные пятна дают желтизну на фасаде. Деревянные формы должны быть предварительно тща-тельно пропитаны олифой и, по возможности, закреплены хоро-шим лаком, не дающим отливов. Во время же формовки блоков можно применять лишь побелку стен формы известковым моло-ком, хотя и в этом мероприятии нет особой надобности.

Для гипсового пустотелого кирпича малого размера мы изго-товили деревянные формы, обитые дюралюминием (рис. 47). Вкладыши-пальцы, выполненные из дуба и хорошо пропитанные олифой, должны выниматься из формы тотчас же после того, как гипс схватится, но не даст еще полного затвердения рас-твора (2—3 минуты). Никаких замедлителей схватывания мы не применяем, да в них и нет надобности в данном случае. При

обивке форм дюралюминием совершенно не замечается прилипания гипса к стенкам формы. Кроме того, поверхность кирпича получается настолько гладкой и чистой, что такие блоки явятся хорошим облицовочным материалом для фасадов зданий. Кстати интересно упомянуть о запросе, полученном нами от архитектурно - проектной мастерской № 1 Главнефтестроя о возможности использования гипса в качестве облицовочного материала для выполнения задачи — создать, в условиях климата города Архангельска, рисунок фасада из красного и гипсового кирпича, учитывая наличие больших залежей гипса в районе строительства. Предлагаемый нами пустотелый гипсовый кирпич по своим размерам и качеству полностью решает поставленную архитектурной мастерской задачу. Самое изготовление такого кирпича, естественно, будет осуществляться на специальных металлических стенках, рассчитанных на одновременное изготовление двух или четырех кирпичей. Для массового выпуска кирпича нами разрабатываются чертежи автомата-станка с периодическим подъемом кирпича, при надлежащей механизации всех процессов.

Вопросы механизации изготовления гипсовых блоков и кирпича, а также всех подсобных технологических процессов (подача гипса, заполнителей, заготовка раствора, конвейерная отливка и пр.), решаются в зависимости от масштаба производства. Еще нет исчерпывающих схем в силу новизны дела, однако, имеется доста-

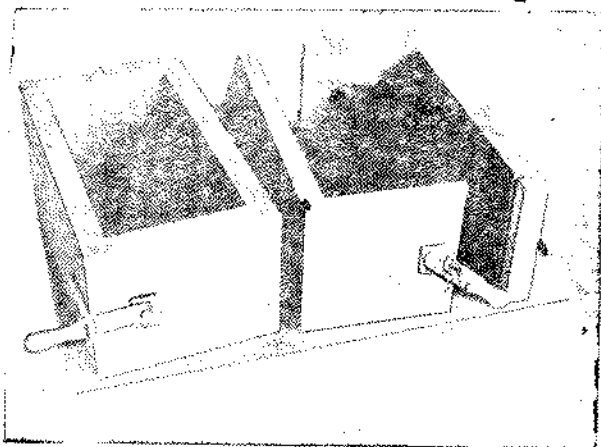


Рис. 45. Деревянная разборная форма для сплошных блоков.

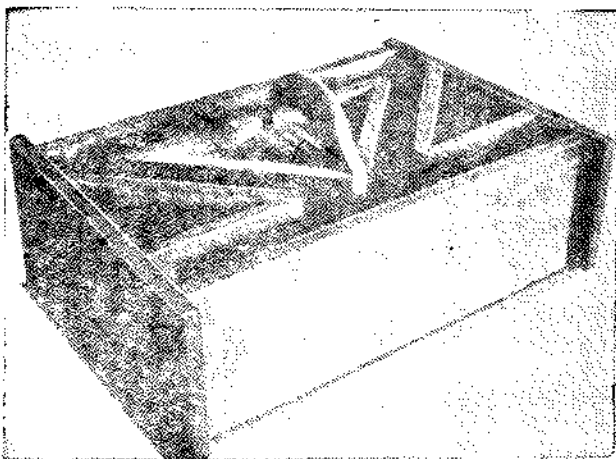


Рис. 46. Разборная форма для блочков системы Булычева.

точный опыт производства гипсовых плит для перегородок зданий, откуда полностью могут быть использованы технологические схемы. В значительной мере может быть также использована литература по вопросам изготовления бетонных и легкобетонных камней и блоков, где с исчерпывающей полнотой описаны приемы механизации процессов.

Не разбирая схем в целом, укажем лишь на некоторые основные моменты, которые следует учесть при проектировании технологических процессов для гипсовых материалов.

1. Для изготовления блоков и гипсового раствора следует применять, согласно американскому опыту, алюминиевые формы для станка и барабанов растворомешалки, чтобы избежать прилипания гипсовой массы.

2. Как правило, принимается пустотелый блок, требующий значительно меньшего количества вяжущего, чем сплошной блок.

3. При конструировании станков следует предусмотреть меняющиеся вкладыши или целые формы для возможности изменения конструкции блока (угловой, поясковый и т. д.).

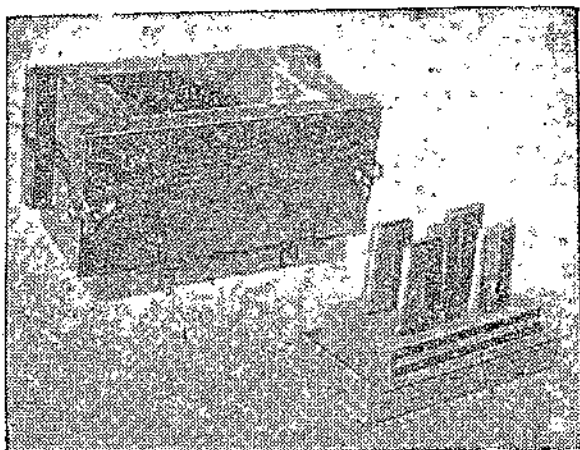


Рис. 47. Деревянная форма для пустотелого гипсового кирпича системы проф. Панюткина.

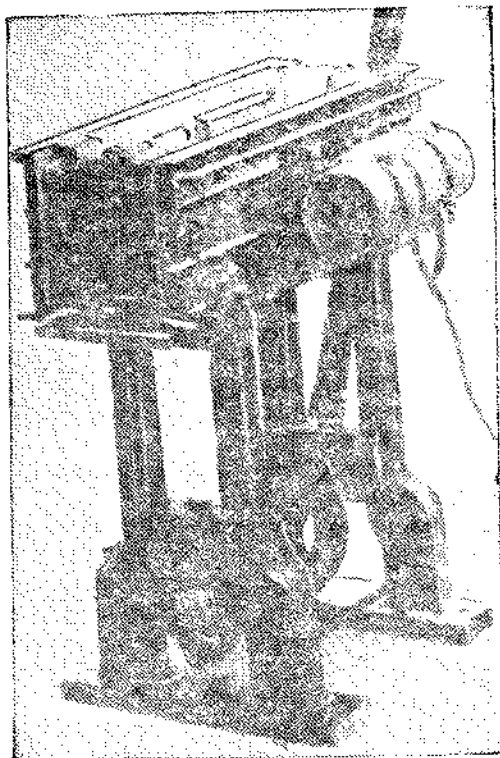


Рис. 48. Ручной станок для камней „Крестьянин“ с прикрепленным к нему тисковым вибратором.

4. Установка должна быть обеспечена водомерным бачком, так как точная дозировка воды при замесе гипса имеет еще большее значение, чем при изготовлении бетона.

5. При формовке блоков следует в основном ориентироваться на прессование камней небольшой силой (10—12 кг/см²), что дает некоторое повышение механической прочности материала. Применение большего давления излишне, так как ухудшает теплотехнические свойства камней и вызывает повышенный расход вяжущего. В простейшем случае можно ограничиться вибрацией, которая особенно пригодна при формовке фигурных блоков.

6. Станки Рейхельта, выпускаемые мастерскими Союзстроймеханизации Наркомстроя для бетонных камней и рекомендуемые некоторыми научными организациями (ЦНИПС, Куйбышевский строительный институт)¹, мало пригодны для гипсовых блоков в силу своей громоздкости и малой эффективности. Кроме того, они вырабатывают только сплошные блоки, а не пустотелые. Следует ориентироваться на американские станки последних выпусков большой производительности.

7. Для приготовления гипсобетона следует применять растворомешалки, а не бетономешалки, так как в последних значительно больше налипает раствора к стенкам, чем в растворомешалках.

8. При конструировании станков надо учесть, что гипс всасывается в воду (а не наоборот) и что схватывание гипса происходит в очень короткие сроки.

Впредь до решения вопроса о создании механизмов для крупного индустриального производства, для осуществления текущего строительства из гипсовых элементов, неизбежно пока использование ручных станков, сравнительно небольшой производительности.

С большим успехом, как указывалось выше, мы применяем с 1938. года ручные станки для камней типа „Крестьянин“, с прикрепленными к ним тисковыми вибраторами (рис. 48). При формовке блоков стенки станка систематически промываются известковой водой (кистью или тонкой струей), чтобы смыть застрявшие части гипса или шлака и облегчить выдавливание блока из формы. Станки устанавливаются на рессорные подкладки или, в крайнем случае, на каучуковые пластинки, прикрепляемые к доскам. Академия архитектуры СССР рекомендует применять деревянные подкладки, предназначенные для снятия со станка и переноски к месту сушки только что отформованных блоков.¹ Это мероприятие не вызывается необходимостью, если учесть короткие сроки схватывания гипсовой массы. Камни

¹ „Строительная газета“ № 140 от 24/XII 1940 г. и издание Технического управления Наркомстроя „Изготовление трамбованных гипсошлаковых блоков по способу, разработанному инж. П. А. Маловым, С. В. Жирковичем и М. И. Ступниковым.

¹ Академия архитектуры СССР. „Как строить здания из гипса“, раздел 1, стр. 22, 1942 г. Чимкент.

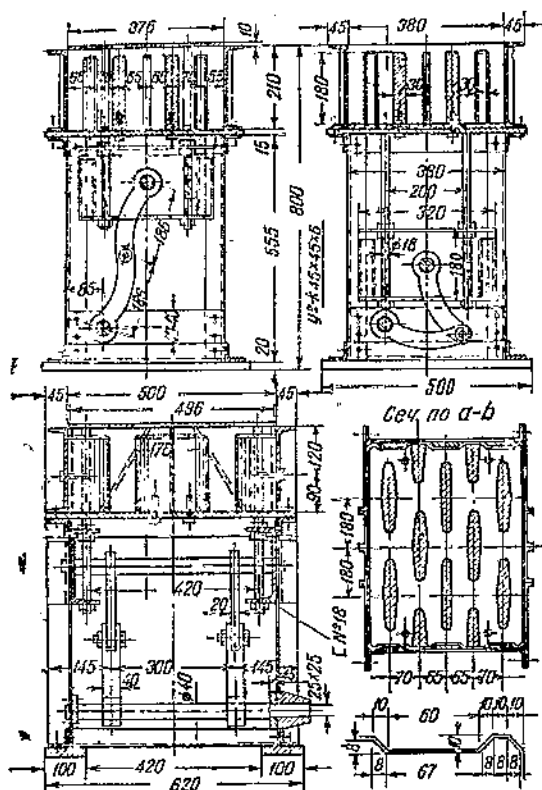


Рис. 49. Чертеж станка для блоков „Крестьянин“ размером 50 × 38 × 20 см.

совершенно свободно снимаются непосредственно с металлической пластинки станка через 4—5 минут после заливки формы. Кроме того между подъемной площадкой станка и деревянной подкладкой неизбежно накапливание гипсового раствора, что поведет к загрязнению формы и постепенному уменьшению высоты блока. Сами по себе деревянные подкладки будут сильно коробиться и затруднять работу.

Как показала практика изготовления блоков на ручных станках, целесообразно подъемную пластинку делать легко снимающейся (не закреплять шурупами) с тем, чтобы облегчить промывку формы. В то же время достаточно иметь одну запасную металлическую пластинку, которая заменяет основную для попеременного использования при формовке блоков.

Для блоков шириною 38 см нами перепроектирован станок „Крестьянин“, причем шесть таких станков было выполнено в мастерских 5-го мельзавода (ст. Сейма Горьковской железной дороги). Станки работают без осложнений и вполне себя оправдали. Без капитального ремонта они дали возможность обеспечить строительство восьмиквартирного двухэтажного жилого дома, т. е. пропустили более 8 тысяч штук больших блоков. Чертеж такого станка дан на рис. 49, а общий вид — на рис. 50.

Растворы для кладки стен. Выбор наиболее эффективной рецептуры раствора для кладки стен из гипсовых блоков весьма существенно влияет на успех работы и на повышение производительности труда каменщика. В этой связи следует поделиться опытом кладки стен трех зданий на территории ГИСИ.

Основная мысль, которая возникла при решении вопроса о материале раствора, — это использование гипсового вяжущего, как однородного с материалом кладки стены. Эта мысль тем более казалась правильной, что по литературным данным известно о широком применении древними египтянами на кладку эстрих-гипса, об использовании гипса в растворах римлянами и в

Германии. Стены двух первых зданий ГИСИ (одноэтажного и двухэтажного), о которых говорилось ранее, были выполнены на чисто-гипсовом растворе, тем более, что сама конструкция блоков системы Булычева, применявшаяся нами без предварительного заполнения пустот пеногипсом, не давала возможности укладывать раствор широким фронтом. В самом приеме укладки блоков на чисто-гипсовом растворе, наиболее дешевом, есть, однако, очень существенный недостаток — раствор нельзя готовить в запас или хотя бы для значительной площади постели в силу того, что слишком быстро наступает процесс схватывания вяжущего. Применение замедлителей, как мы видели выше, не решает вопроса по существу.

Механическая прочность гипсовых растворов, как это следует из данных табл. 35, достигает 92 кг/см^2 , чего в сущности и не требуется, так как влияние раствора на прочность кладки невелико. Помимо того, что такой раствор может быть удешевлен применением замедлителей, необходимо достигнуть еще и некоторого замедления схватывания гипса для удобства самой работы и возможности заготовки раствора для определенного фронта кладки. Хорошими пластификаторами являются, как известно, известь и глина, относящиеся к широко распространенным добавкам для создания сложного раствора. Известь, вообще говоря, относится к сравнительно дорогой составляющей раствора, причем во многих районах она является привозной; в этом случае не исключается применение в растворе, в качестве пластификатора, глины. Использование глины тем более рационально, что глина имеет почти повсеместное распространение и часто является отходом строительных площадок.

Физико-механические свойства сложных растворов на основе

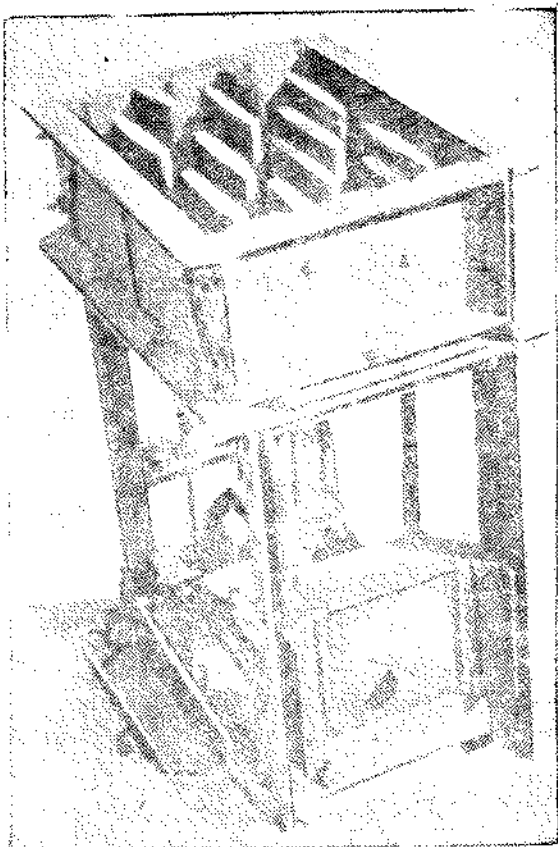


Рис. 50. Общий вид станка.

гипса, известкового теста и песка нами проверены как в лабораторной, так и в производственной обстановке. Кладка третьего здания ГИСИ была выполнена на сложном растворе 1:0,5:0,5 (гипс, известковое тесто, песок), оказавшемся вполне удобным для заготовки и укладки и обладающем прочным сцеплением с поверхностью блоков.

Результаты лабораторных исследований различных растворов сведены в табл. 35.

Таблица 35

Физико-механическая характеристика гипсо-известковых растворов

Рецептура	Соотношение	Воды в %	Схватывание		Временное сопротивление растяжению			Временное сопротивление сжатию			
			начало	конец	1 день	7 дней	28 дней	1 день	7 дней	28 дней	3 мес.
Гипс+ +извест. тесто	1:0	50	13 м.	21 м.	6,8	13,3	20,3	22,8	42,3	92,1	—
То же	1:1/8	37,5	18 м.	28 м.	4,9	5,7	13,3	19,2	23,2	50,8	—
" "	1:1/4	32	22 м.	37 м.	3,1	4,7	8,3	13,2	21,3	39,7	—
" "	1:1	26	30 м.	4 ч. 05 м.	Нет показ.	2,6	3,4	Нет показ.	8,2	16,5	28,8
Гипс+ извест. тесто+ +песок	1:1/4:1/4	32	18 м.	37 м.	2,0	3,4	—	11,7	18,2	45,5	41,8
То же	1:1:1	29	40 м.	4 ч. 03 м.	Нет показ.	Нет показ.	4,3	Нет показ.	Нет показ.	19,8	31,4
" "	1:1:2	31	50 м.	4 ч. 18 м.	"	"	5,8	"	"	18,0	20,0
" "	1:1:3	44	2 ч. 39 м.	—	"	"	2,7	"	"	11,5	10,3
" "	1:1:4	56	4 ч. 34 м.	—	"	"	1,8	"	"	9,1	10,7

Приведенные в этой таблице данные позволяют подобрать рецептуру раствора в соответствии с общепринятой маркой его: 80, 50, 30, 15 и 8.

Для кладки стен из блоков можно ограничиться растворами марок от 15 до 30, так как эффективность применения высоких марок незначительна и экономически не оправдывается.

Во всех указанных выше случаях под маркой раствора подразумевается временное сопротивление сжатию в кг/см² кубиков размером 7×7×7 см, изготовленных отливкой и испытанных на 28-й день в воздушно-сухом состоянии. Для отнесения раствора к определенной марке можно пользоваться табл. 36.

Следует напомнить, что марки растворов, принятые в конструкции, должны указываться в техническом проекте и на рабочих чертежах.

Для заливки вертикальных швов, т. е. для образования между торцами блоков гипсовой пробки, можно применять раствор более жидкой консистенции с во-

Марка раствора	Пределы прочности кубика при испытании в кг/см ²
80	61—100
50	41—60
30	21—40
15	11—20
8	6—10

водящим 0,60—0,70; однако, следует предпочесть для кладки пластичный раствор с водогипсовым отношением 0,50—0,55 (50—55% воды по отношению к весу гипса), с тем, чтобы ограничиться заготовкой раствора лишь одной консистенции для вертикальных и горизонтальных швов.

Вполне рационально широкое внедрение в практику строительства гипсовых зданий гипсоглиняных растворов, получивших применение в штукатурных работах на Кавказе и в Средней Азии, где имеются аналогичные природные материалы под наименованием „гажа“, „ганч“ и т. п. Для укладки изоляционных слоев раствора между цоколем и фундаментом в селе Борнуково местные жители также пользуются глиной, которая хорошо вяжется с гипсовыми блоками и оправдывает свое назначение.

Очень интересные исследования по изучению свойств гипсоглиняных растворов для штукатурных работ проведены доц. А. В. Волженским (Академия коммунального хозяйства) как в лабораторной обстановке, так и на производстве. Приведем основные положения из этой работы, учитывая их актуальность и полную возможность использования гипсоглиняных растворов для возведения стен гипсовых зданий.

1. Глиногипсовые композиции превосходят по своим вяжущим свойствам известковогипсовые и обеспечивают получение растворов и изделий с более высокими показателями прочности. Это обуславливается как повышенной пластичностью глины, способствующей снижению водогипсового фактора, так и собственными высокими вяжущими свойствами.

2. Составы, содержащие гипс и глину в соотношении 1:1 или больше по весу и не свыше 3 весовых частей песка на 1 весовую часть глиногипсовой композиции, выдерживали 30-дневное пребывание в воде без заметных разрушений.

3. Глиногипсовые образцы с содержанием глины 60% по весу и больше обнаружили при твердении усадку.

4. Огромное разнообразие глины и недостаточная их изученность как материала для растворов вынуждают применять их в первую очередь с преобладающим содержанием гипса, при глинистой добавке в качестве пластификатора.

5. Оправдал себя на производстве следующий порядок работ. Глина замачивалась в ящиках за 2—3 дня до применения,

с расчетом получить сметанообразную массу. Далее производилось смешивание ее с песком в пропорции: 1:4—1:6 по объему в зависимости от жирности глины. Перед применением в дело в глинопесочный раствор добавлялся гипс, предварительно разведившийся водой. Соотношение сухого гипса к глинопесчаному раствору принималось в пределах 1:2,5—1:3,5 по объему, что соответствовало расходу гипса около 300 кг/м³.

6. Следует наблюдать за тщательностью выполнения всех операций по смешиванию составных частей до полной однородности и исчезновения отдельных комочков. Загрязненные примесями песок и глину следует предварительно пропустить через сито с отверстиями в 4—5 мм.

При соблюдении указанных выше положений легко могут быть подобраны подходящие для кладки гипсоглиняные растворы марки 15—30. Для обеспечения успеха дела качество раствора и подбор составных частей его должны быть предварительно проверены в условиях лаборатории.

Применение гипсоглиняных растворов для кладки стен поведет к значительной экономии как гипса, так и дорогостоящей извести.

ГЛАВА 7

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ГИПСОВЫХ ЗДАНИЙ

Существенным преимуществом гипсовых блоков, особенно изготовленных на металлических станках, является их строгая и очень правильная форма, облегчающая кладку стен. Такая правильная форма позволяет не только иметь швы всего лишь в 1 см, но и значительно облегчает выполнение всех отделочных работ, которые сводятся, главным образом, к разделке швов, зачистке лицевой стороны фасадных стен и их побелке. Междуэтажные тяги, карнизы, пилястры, сандрики и другие элементы архитектурно-конструктивного значения выполняются, как это указывалось выше, из фигурных блоков той же высоты, что и основные блоки.

Цоколь, как элемент, непосредственно примыкающий к фундаменту, следует выполнять, в целях защиты от влияния грунтовой влаги, из красного кирпича, бетона или камня до слоя изоляции (рис. 51). Возможно, впрочем, и остальную часть цоколя, включая обрез, уложить из кирпича; однако, для проверки водостойчивости мы применяли цокольные блоки, являющиеся переходными к плоскости стены, также из гипса. Никаких повреждений, хотя бы незначительных, или смыва профилировки обреза за 5 лет эксплуатации такие блоки не показали. Цокольный обрез, как и все стены опытных зданий, покрыт известковой побелкой, изготовленной на известки-пелелке с олифой; остальная часть цоколя была покрыта, в целях эксперимента, масляной или казеиновой краской. Наиболее устойчивой в ус-

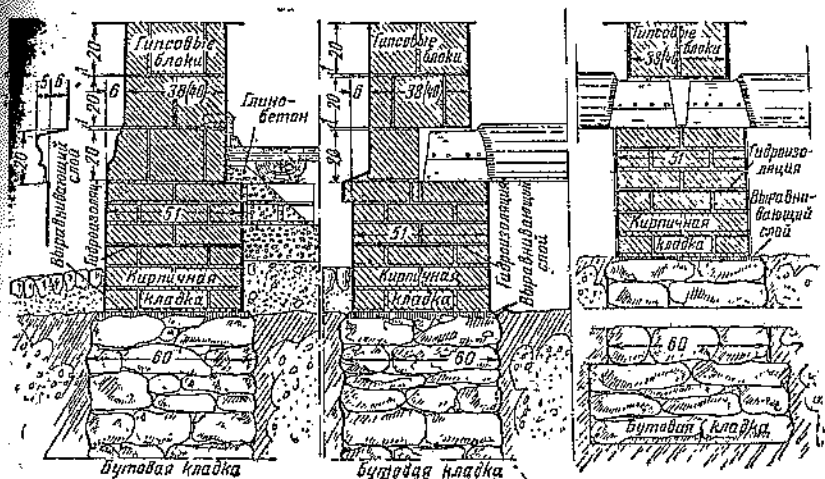


Рис. 51. Варианты выполнения цокольной части стены в гипсовом здании.

ловиях переменной влажности и влияния сугробов снега все же оказалась двухкратная известковая побелка, проведенная по указанному выше способу.

Гидроизоляционные слои из рулонных материалов или битумной смазки, предназначенные для защиты гипсовых стен от влияния грунтовой влаги, следует укладывать с особой тщательностью. Часть кирпичной кладки от уровня фундамента до слоя изоляции целесообразно делать на цементном растворе 1:5 (цемент, песок) для уменьшения влияния капиллярной влаги.

Стены гипсовых зданий могут быть выполнены как несущими, так и каркасными из блоков или из гипсового кирпича.

Следует подчеркнуть, что защита гипсовых стен от вредного влияния атмосферной влаги достигается в основном такими конструктивными мероприятиями, как значительным выносом венчающего карниза, покрытием железом поясков, гидроизоляционными слоями и периодической побелкой. Ни одно из зданий в районах Горьковской области (село Борнуково) и др. не имеет каких-либо мер защиты, кроме конструктивных. Как правило, у них отсутствует даже побелка, вынос карниза незначительный, и все же состояние стен удовлетворительное.

Для капитальных зданий все выступающие части стены (потайные тяги, сандрики и пр.) следует покрывать кровельным железом с хорошо выполненным слезником-капельником, чтобы избежать появления на стенах пятен от потеков дождевой влаги и тающего снега. Для временных зданий можно ограничиться установкой над сильно выступающими элементами, в целях экономии железа, сливных досок.

Венчающий карниз выносом в 35 см выполнен нами на двухэтажном здании лаборатории из двух составных по горизонтали гипсовых сплошных камней и покрыт кровельным же-

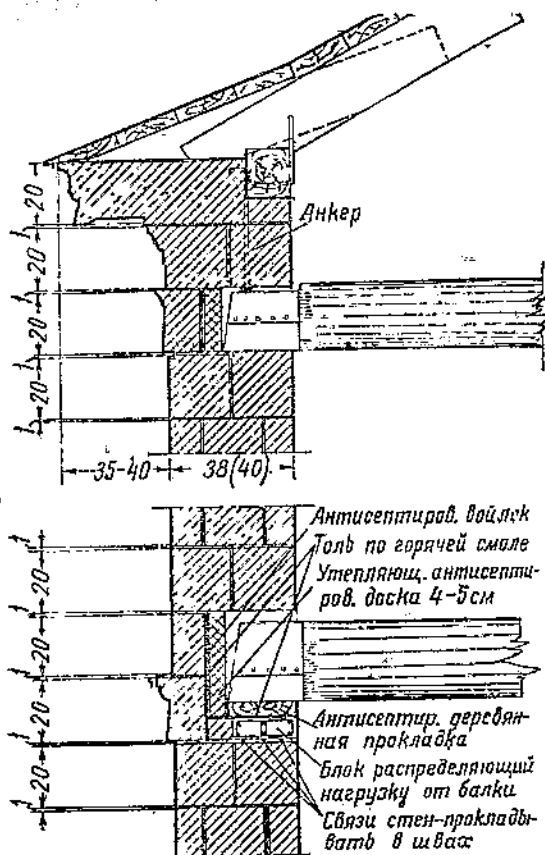


Рис. 52. Конструктивное выполнение кладки карниза, Укладка балок на стены.

лезом. Деление карниза на части может быть выполнено как горизонтальными, так и вертикальными плоскостями (рис. 52 и 53). При применении оцинкованной или окрашенной масляной краской арматуры вынос карниза может быть еще более увеличен. Возможно применение карниза по сетке Рабица или деревянного, обшитого по выступам стропильных ног.

Укладка балок междуэтажных перекрытий на стены осуществляется по схеме рис. 52 или 53. Для равномерной передачи давления от балок перекрытия на пустотелые блоки гипсовой стены следует укладывать железобетонные или гипсоармированные диафрагмы (на кирпичной щелбенке), которые идут по всему периметру наружных стен. В зависимости от архитектурных требований и конструктивных размеров балок перекрытий, выполня-

ются разной высоты и профиля поясковые блоки сплошной отливки.

Диафрагма из тощего бетона (с арматурой) может быть уложена и во всю толщину стены, но с обязательным условием сохранения со стороны помещения досок от опалубки или устройством деревянного карниза для утепления такой диафрагмы. С наружной стороны диафрагма не доводится на 2—2,5 см до плоскости стены с тем, чтобы после снятия опалубки можно было произвести штукатурку пояса диафрагмы гипсоизвестковым раствором. При армированной гипсовой диафрагме эти мероприятия отпадают.

Варианты конструктивного выполнения отдельных элементов стены указаны на рис. 54.

Высота несущих стен зданий ограничивается тремя этажами; однако, каркасные стены с железобетонными или металлическими опорами и соответствующими обвязочными

балками могут быть выполнены любой высоты. Свободная высота стены между обвязками допускается не выше 4,5 м.

В цеховых, подсобных и бытовых помещениях промышленных зданий, характеризующихся повышенной влажностью, следует применять дополнительные мероприятия для защиты внутри помещений гипсовых стен от увлажнения. Такими мерами являются периодическая побелка стен известковым молоком по указанному выше способу, облицовка стен плитками или кирпичом на заданную высоту и покраска масляной краской. Для помещений, где производится „мокрые“ про-

пессы (душевые, бани, красильные и пр.), гипсовые блоки на стены зданий могут применяться лишь в опытный порядок при условии соответствующей защиты их от систематического увлажнения.

В связи с тем, что стены зданий из гипсоблоков не штукатурятся с наружной стороны, проектировщику необходимо тщательно продумать перевязку швов по фасаду. Раскладка блоков по рядам, приемы конструирования углов и перевязки внутренних стен с наружными указываются на рабочих чертежах и на планах этажей.

Примыкание внутренних стен к наружным осуществляется, в зависимости от архитектурных требований к рисунку фасадной перевязки швов кладки, по одному из вариантов рис. 55 для камней $50 \times 20 \times 20$ см. По этому же приему выполняется примыкание рядов кладки для блоков шириною 38 см.

Внутренние капитальные стены, рассчитываемые только на прочность и устойчивость, выполняются как из пустотелых, так и из сплошных блоков. Наименьшая толщина капитальных внутренних стен одноэтажных зданий принимается

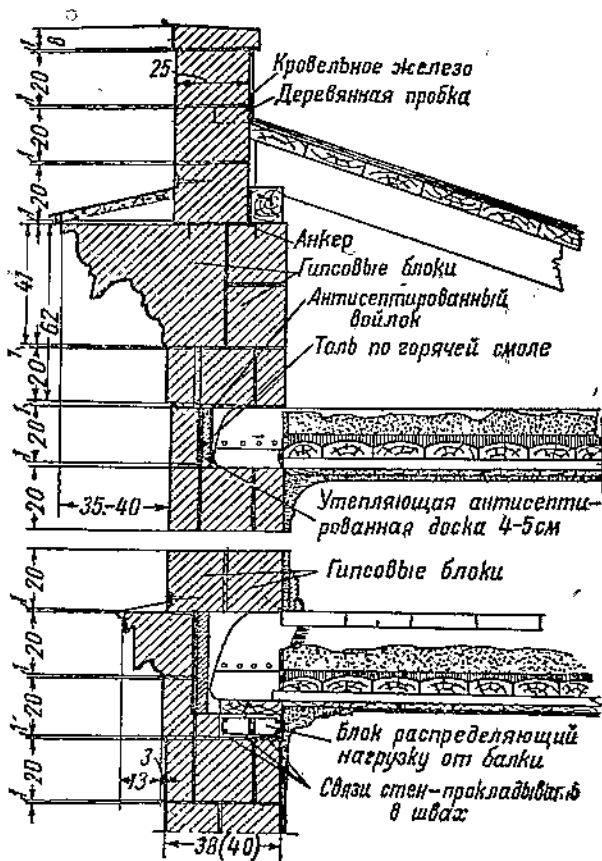


Рис. 53. Вариант выполнения кладки карниза.

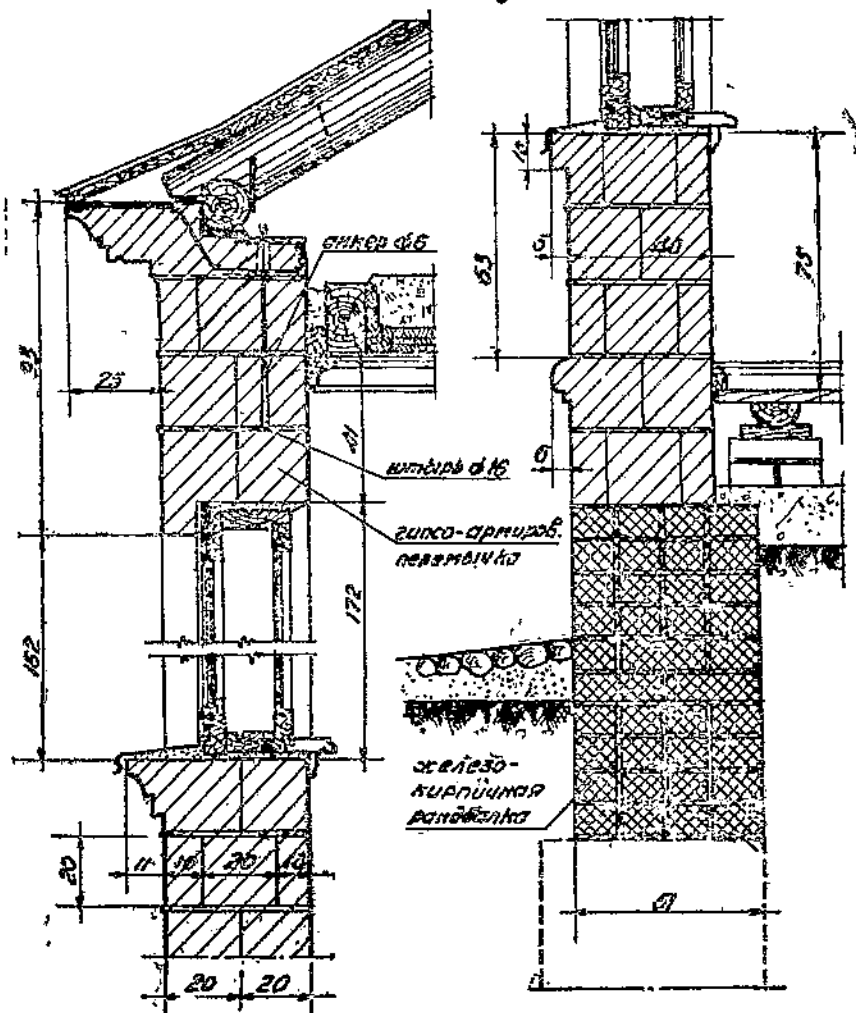


Рис. 54. Варианты конструктивного выполнения элементов стены.

в один камень (20 см), двух- и трехэтажных зданий—в полтора камня (30 см). При наличии в стене дымоходов и вентиляционных каналов целесообразно толщину внутренних стен доводить до 38—40 см на всем их протяжении или на отдельных участках. Внутренняя штукатурка стен помещений или их затирка осуществляются обычным известково-песчано-гипсовым раствором. В связи с тем, что блоки имеют гладкую поверхность, кладку их следует осуществлять со стороны помещения в пустошовку для лучшего сцепления со слоем штукатурки. Для устойчивости слоя затирки необходимо поверхность блоков насекать. Здания временного назначения с внутренней стороны не штукатурятся, а только белятся.

Интересно отметить конструкцию стен опытного здания лаборатории водоснабжения и канализации ГИСИ. Как указывалось выше, стена выполнена каркасно-несущей по следующей схеме: снаружи уложена верста в один камень типа „Крестынин“ (рис. 56). С внутренней стороны помещения поставлены стойки 6×12 см и через ряд 12×12 см на расстоянии 50 см друг от друга. По стойкам нашиты плиты сухой штукатурки толщиной 3 см, изготовленные без картона, но с применением в качестве фибры древесной шерсти (стружки). Промежутки между блоками и плитами засыпан котельным шлаком, и, таким образом, общая толщина стены в 35 см может считаться обладающей достаточной теплоустойчивостью.

Для служебных, временных и вспомогательных сооружений такая конструкция является очень эффективной, ибо требует сравнительно небольшого расхода гипса.

Для укладки мауэрлата и балок чердачного перекрытия были использованы стойки деревянного каркаса.

Расположение блоков по рядам кладки должно быть тщательно продумано и нанесено на рабочие чертежи. Только при этих условиях можно заранее учесть потребность в индивидуальных, не типовых блоках, подсчитать точное количество тех и других и облегчить выполнение кладки в натуре.

Вопросы архитектурно-конструктивного оформления наружных стен гипсовых зданий легко решаются в каждом отдельном случае в силу того, что кладка из блоков допускает широкие возможности архитектурной и конструктивной трактовки отдельных элементов и всей стены в целом. Естественно,

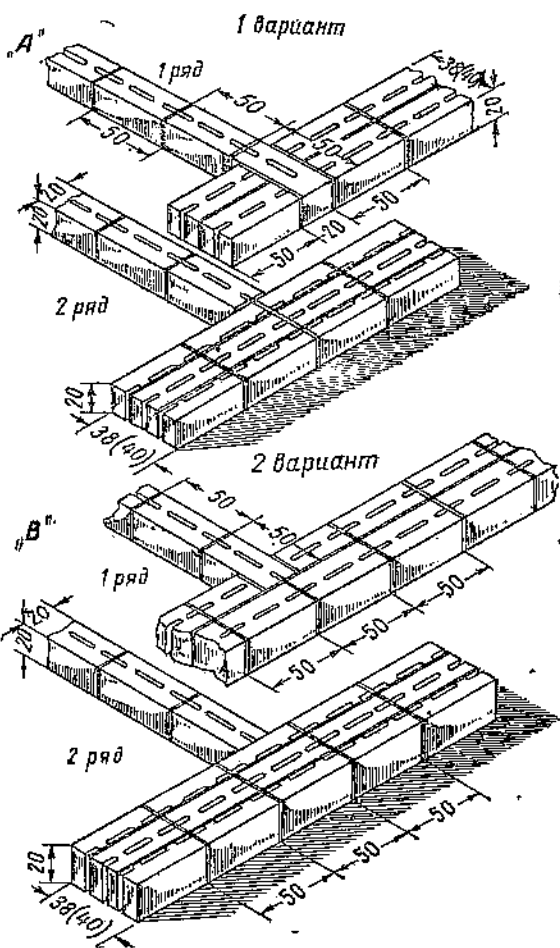


Рис. 55. Примыкание внутренних стен к наружным.

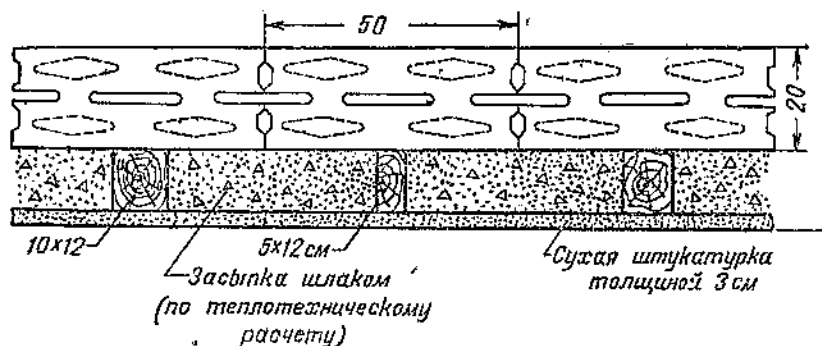


Рис. 56. Вариант стены облегченной конструкции.

что при выборе размеров отдельных элементов—промежуточных и угловых простенков, высоты окна над обреза цоколя и пр. надо учитывать в первую очередь величину горизонтального модуля (длину блока), принимаемую для основных типов блоков в 50 см. Вертикальный шов во всех случаях отсутствует в силу принятого нами приема соединения соседних блоков заливкой гипсовой пробкой (см. выше) или укладкой раствора в специальные углубления в торцах камня. Обрезы углов в блоках типа „Крестьянин“ позволяют выполнять для однотипности горизонтальные швы вподрезку или и те и другие швы обрабатывать расшивкой.

Пример обработки фасадной стены рустиком указан на рис. 57.

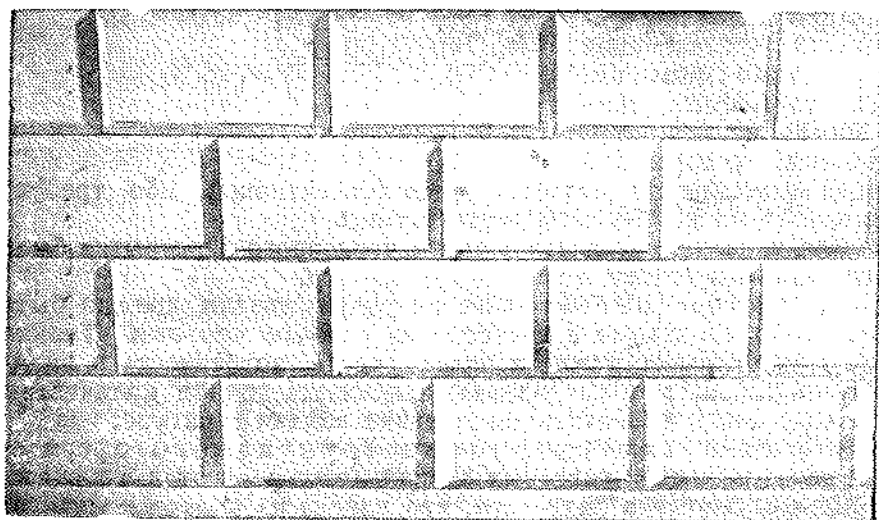


Рис. 57. Обработка фасадных стен рустиком.

Вертикальный модуль для стен зданий следует установить в 21 см из расчета 20 см высоты блока и 1 см толщины горизонтального шва.

Известковая побелка с применением олифы (по указанному выше приему) и ультрамарина дает хороший белый тон, подчеркивающий основной материал стены—гипс. В случае применения по архитектурным мотивам различных колеров необходимо учитывать устойчивость красок при сочетании с известковым раствором. Наиболее устойчивыми являются следующие краски:

- а) охры, умбры и тердесиены,
- б) мумия, железный сурик, оранжевый хром,
- в) ультрамарин,
- г) жженая кость и молотый природный сланец различных оттенков.

Покраска гипсовых изделий масляными красками не дает благоприятных результатов в условиях атмосферной агрессии. Рекомендуется масляная покраска стен в санитарных узлах жилых и промышленных зданий и при наличии влажных технологических процессов.

В 1941 году ЦНИПС провел работу по обследованию состояния гипсовых зданий. Результаты этого обследования и выводы, которые должны быть учтены при проектировании, опубликованы в № 8 „Сборника руководящих материалов и консультаций по строительству“, Наркомстрой, 1942 г.

Прочность кладки из гипсоблоков. Согласно исследованию ЦНИПС, определение прочности кладки из гипсовых блоков может быть произведено по формулам ТУ и Н, с введением поправочных коэффициентов на возможное естественное увлажнение гипсобетона блоков.

Для наружных стен коэффициент этот принят $K=0,5$, для внутренних $K=0,75$. В окончательном виде формула имеет следующий вид:

для наружных стен с учетом естественного увлажнения

$$R = 0,27 \cdot R_1 \frac{0,25 + \frac{R_2}{R_1}}{0,40 + \frac{R_2}{R_1}},$$

для внутренних стен с учетом естественного увлажнения

$$R = 0,44 \cdot R_1 \frac{0,25 + \frac{R_2}{R_1}}{0,40 + \frac{R_2}{R_1}},$$

где R —прочность кладки-нетто,

R_1 —прочность гипса или гипсобетона в кубиках $10 \times 10 \times 10$ см с влажностью 7—10%, соответствующей естественной влажности стены здания,

R_2 —прочность раствора.

В лаборатории строительных материалов Горьковского инженерно-строительного института мы произвели ряд испытаний образцов кладки столбиков из гипсоблоков с целью проверки

возможности применения приведенных выше формул для кладки из гипсоблоков системы „Крестьянин“. Количество произведенных опытов недостаточно для того, чтобы делать окончательные выводы, и может служить только для предварительных соображений, требующих в дальнейшем более широких исследований.

Опытные столбики выполнялись высотой в 3 камня (62 см) из блоков типа „Крестьянин“ с размерами $50 \times 20 \times 20$ см на растворах разной прочности. Гипсбетон для изготовления блоков был принят с соотношением вяжущего и добавки 1:1 (гипс + шлак), при водогипсовом отношении 0,50.

Часть гипсоблоков вскоре после изготовления (на 8-й—10-й день) была вынесена на мороз, где они находились до апреля месяца, подвергаясь действию морозов и оттепелей, снегопадов и дождей. Это обстоятельство неизбежно должно было отразиться на прочности гипсоблоков. В начале апреля из блоков, внесенных в помещение лаборатории, были сложены столбики на растворе 1:0,25 (гипс + песок) и раздавлены через 7 дней. При этом блоки уличного хранения не успели просохнуть и потерять избыточную влагу, полученную ими в условиях открытого хранения на дворе.

Часть столбиков испытывалась после месячного хранения в лабораторных условиях. Перед самым испытанием они подвергались обильному увлажнению и последующему выдерживанию в течение 2 дней под влажной мешковиной, после чего были раздавлены в сыром состоянии.

Часть столбиков была сложена из гипсоблоков, заготовленных в то же время, что и первые, но находившихся до употребления в дело в лабораторных условиях, в сухом и теплом помещении.

Одновременно с изготовлением гипсоблоков изготавливались из того же состава гипсбетона с тем же водогипсовым отношением кубики размером $7 \times 7 \times 7$ см и $14 \times 14 \times 14$ см. Гипс для кубиков взят тот же, что и для блоков.

Испытание кубиков производилось через 28 дней после изготовления, при установившемся постоянном весе их. При этом временное сопротивление в среднем получено при размере кубиков $7 \times 7 \times 7$ см—125,15 кг/см², при размере кубиков $14 \times 14 \times 14$ см—107,0 кг/см².

С целью выявления закона изменения прочности образцов в зависимости от размеров их при одном и том же соотношении составных частей гипсбетона и при одинаковом водогипсовом отношении, было испытано 32 образца кубиков с ребрами в 7, 10, 14 и 20 см (по 8 образцов каждого размера) из другого, менее активного гипса.

Половина образцов изготовлена из бетона с керамзитом состава 1:1, а другая—из гипсбетона со шлаком при той же рецептуре. Водогипсовое отношение принято для всех образцов одно и то же, т. е. 0,50. Испытание кубиков произведено при установившемся постоянном весе их в возрасте 28 дней. Результаты испытаний сведены в табл. 37.

Таблица 37

Рецептура и размер кубиков	Размер кубиков	Врем. сопротивление сжатию, кг/см ²	
		1-я партия	2-я партия
Гипс-керамзит 1 : 1	7×7×7	82,42	83,58
То же	10×10×10	82,87	85,83
" "	14×14×14	56,19	59,22
" "	20×20×20	53,30	54,24
Гипс-шлак 1 : 1	7×7×7	77,23	82,60
То же	10×10×10	74,75	77,30
" "	14×14×14	59,79	61,78
" "	20×20×20	57,12	59,50

Сопоставление полученных значений и прочности кубиков приводит к следующим выводам:

1. Прочности кубиков размерами 10×10×10 см и 7×7×7 см весьма близки между собой, а именно:

при бетоне со шлаком 94—97%, при бетоне с керамзитом 101—102%, в среднем по 16 образцам 98—99%.

2. Прочности кубиков 20×20×20 см и 14×14×14 см также близки между собой. Прочность кубиков 20×20×20 см по отношению к прочности кубика 14×14×14 см в среднем составляет:

при бетоне со шлаком 95,5—96%, при бетоне с керамзитом 92,5—95%, в среднем по 16 образцам 94—95%.

3. Отношение прочности кубиков 14×14×14 см к прочности кубиков 7×7×7 см в среднем составляет:

при бетоне со шлаком 77—75%, при бетоне с керамзитом 68—71%, в среднем по 16 образцам 72,5—73%.

Таким образом, практически можно считать прочность кубиков 7×7×7 см и 10×10×10 см равноценными. При определении прочности кладки по вышеуказанным формулам ЦНИПС можно принимать за марку гипсобетона прочность кубиков 7×7×7 см, заготовленных из того же материала, из которого формировались блоки типа „Крестьянин“ и выполнялась кладка столбиков.

Приводим данные испытаний столбиков из блоков.

ПАРТИИ № 1 и 2

Столбики сложены из блоков комнатного хранения на гипсовом растворе с прочностью в кубиках 7×7×7 в возрасте 1 суток 22 кг/см², 7 суток 42 кг/см². Столбики раздавлены через 3 дня после выполнения кладки. Временное сопротивление раствора принято $R_2 = 30$ кг/см². Гипс непросеянный.

Прочность кладки столбиков получена:

для образцов первой партии $R_{\text{брутто}} = 20,5$ кг/см², $R_{\text{нетто}} = 29,5$ кг/см², для образцов второй партии $R_{\text{брутто}} = 26,9$ кг/см², $R_{\text{нетто}} = 38,7$ кг/см².

ПАРТИЯ № 3

Столбики сложены из блоков комнатного хранения без увлажнения. Возраст кладки до испытания—10 дней. Раствор-

1:0,25. Временное сопротивление раствора в кубиках $7 \times 7 \times 7$ см при $\frac{V}{T} = 0,50$ через 10 дней получено в среднем $R_2 = 64,4$ кг/см². Прочность кладки

$$R_{\text{брутто}} = 29,3 \text{ кг/см}^2 \text{ и } R_{\text{нетто}} = 42,2 \text{ кг/см}^2.$$

ПАРТИЯ № 4

Столбики сложены из блоков уличного хранения под открытым небом. Вынесены в январе месяце в сыром состоянии на мороз, где и пролежали всю зиму. Из внесенных в помещение блоков сложены столбики и через 7 дней испытаны. Кладка искусственно не увлажнялась, но гипсобетон сохранил еще влажность, полученную им естественным путем при открытом хранении блоков во дворе.

Раствор—тот же, что и в партии № 3.

$$\text{Прочность кладки } R_{\text{брутто}} = 15,2 \text{ кг/см}^2 \text{ и } R_{\text{нетто}} = 21,8 \text{ кг/см}^2.$$

ПАРТИЯ № 5

Блоки—открытого хранения. Столбики, выдержанные в течение месяца в сухих и теплых условиях (лаборатория), увлажнены перед испытанием путем непосредственного обливания и выдерживания в течение 2 дней покрытыми сырой мешковиной. Раствор 1:0,25. Возраст кладки—28 дней.

$$R_{\text{брутто}} = 13,3 \text{ кг/см}^2, R_{\text{нетто}} = 19,2 \text{ кг/см}^2.$$

В соответствии с испытанными образцами столбиков определены прочности кладки по формулам ЦНИПС для сухой и сырой кладки:

1. Применительно к образцам сухой кладки от столбиков. Временное сопротивление гипсобетона в кубиках $7 \times 7 \times 7$ см $R_1 = 125$ кг/см², временное сопротивление раствора $R_2 = 30$ кг/см².

Прочность кладки из непросеянного гипса

$$R_{\text{нетто}} = 0,40 \times 125 \times \frac{0,25 + \frac{30}{125}}{0,40 + \frac{30}{125}} = 38,3 \text{ кг/см}^2.$$

2. Кладка сухая. Временное сопротивление гипсобетона в кубиках $7 \times 7 \times 7$ см $R_1 = 125$ кг/см²; прочность раствора $R_2 = 64,4$ кг/см².

$$R_{\text{нетто}} = 0,40 \times 125 \times \frac{0,25 + \frac{64}{125}}{0,40 + \frac{64}{125}} = 41,8 \text{ кг/см}^2.$$

3. Кладка сырая. $R_1 = 125$ кг/см², $R_2 = 64,4$ кг/см².

$$R_{\text{нетто}} = 28,2 \text{ кг/см}^2.$$

При кубиках $14 \times 14 \times 14$ см:

4. Кладка сухая. Прочность гипсобетона $R_1 = 107$ кг/см², прочность раствора $R_2 = 30$ кг/см².

$$R_{\text{нетто}} = 31,9 \text{ кг/см}^2.$$

5. Кладка сухая. Прочность гипсобетона $R_1 = 107 \text{ кг/см}^2$, прочность раствора $R_2 = 64 \text{ кг/см}^2$.

$R_{\text{нетто}} = 36,4 \text{ кг/см}^2$.

Полученные данные сведены в табл. 38.

Таблица 38

Характер кладки	Прочность кладки по испытанию, кг/см ²	Прочность кладки по формулам при $R_{\text{ск}} =$ $= 126 \text{ кг/см}^2$	Отношение прочности по испыт. к прочности по формулам	Прочность кладки по формулам при $R_{\text{ск}} =$ $= 107 \text{ кг/см}^2$	Отношение прочности кладки по испытанию к прочности по формулам
Сухая . .	29,5	38,8	77%	31,9	93 %
" . .	38,7	38,3	101%	31,9	121 %
" . .	42,2	41,8	101 %	36,4	116 %
Сырая . .	21,8	28,2	77 %	24,5	89%
" . .	19,2	28,2	68 %	24,5	79 %

Сравнение опытных данных прочности кладки с теоретическими, исчисленными по формулам, дает основание делать следующие выводы.

Образцы сухой кладки дали близкие значения опытных результатов и прочности кладки, определенной по формулам. Среднее значение прочности кладки по опытным партиям составляет $36,8 \text{ кг/см}^2$, теоретическое— $39,3 \text{ кг/см}^2$. Расходимость—в пределах 6—6,5%. При этом следует отметить значительную расходимость в результатах по партии № 1. Если исключить эту партию, то среднее значение прочности будет соответственно 40 кг/см^2 и $40,6 \text{ кг/см}^2$ и расходимость составит только 1%.

Партии сырой кладки дали большую расходимость между опытными результатами и теоретическими, исчисленными по формулам. Среднее значение опытной прочности кладки составляет $20,5 \text{ кг/см}^2$, при теоретической $28,2 \text{ кг/см}^2$. Расходимость составляет 27%. Причины такой расходимости следует видеть в том, что гипсоблоки, из коих были сложены столбики, выносились на мороз в сыром состоянии, как указывалось выше.

Таким образом, если для сухой кладки имеются основания говорить о применимости формул ЦНИПС к кладке из гипсоблоков системы „Крестьянин“, то для сырой кладки этих данных не получено. Для окончательного решения надлежит дополнительно провести серию испытаний.

Марка гипсобетона. Временная инструкция по изготовлению и применению гипсовых и гипсобетонных блоков системы инж. Булычева предусматривает определение марки гипсобетона по прочности кубиков размером $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$. Однако такие размеры контрольных кубиков вряд ли можно признать удачными по следующим соображениям. Прочность контрольного образца, являясь в достаточной степени понятием условным, должна возможно более близко характеризовать способность материала к работе в изделиях.

Как известно, уменьшение размеров образцов по высоте повышает влияние сил трения по плоскостям сжатия образца при

его раздавливании, увеличивая показания прочности материала в образце. С другой стороны, чем меньше размеры образца, тем чувствительнее должно сказываться влияние мелких недочетов, могущих иметь место при изготовлении образца, и тем, следовательно, требуется большая тщательность в работе по приготовлению их.

Кроме того, размеры контрольных образцов должны допускать применение заполнителей из тех же замесов бетона, которые идут в дело. Исходя из сказанного, следует признать принятый инструкцией размер кубика $10 \times 10 \times 10$ не вполне удачным. Это становится очевидным, если сравнить цифровые данные прочности контрольного образца $10 \times 10 \times 10$ см с прочностью того же материала в изделии. Опытами, произведенными в лаборатории строительных материалов ГИСИ, как указывалось выше, получены следующие результаты (рис. 7).

Прочность кубиков $7 \times 7 \times 7$ см из просеянного гипса составляет в среднем $164,53 \text{ кг/см}^2$, а кубиков $14 \times 14 \times 14$ — 145 кг/см^2 . Прочность того же материала в блоке типа „Крестьянин“ $45,25 \text{ кг/см}^2$ по площади брутто или 66 кг/см^2 по площади нетто. Последнее значение прочности блока составляет— $40,3\%$ от прочности кубика $7 \times 7 \times 7$ и $45,6\%$ от прочности кубика $14 \times 14 \times 14$ см.

При образцах с непросеянным гипсом были получены следующие значения:

Прочность кубика $7 \times 7 \times 7$ — 125 кг/см^2 , прочность кубика $14 \times 14 \times 14$ — 107 кг/см^2 , прочность гипсобетона в блоке $65,5 \text{ кг/см}^2$ или соответственно процентное отношение прочности блока к прочности кубика выражается в $52,5\%$ и $61,5\%$.

Следует вспомнить еще результаты испытания 32 образцов кубиков с размерами ребер в 7, 10, 14 и 20 см.

Таким образом, учитывая все соображения, указанные выше, и опытные данные, считаем наиболее приемлемым и более удачным размер контрольных кубиков для гипсобетона $14 \times 14 \times 14$ см или лучше $15 \times 15 \times 15$ см.

В соответствии с этим в формулы, определяющие прочность кладки из гипсоблоков, должны быть внесены следующие поправки:

а) для внутренних стен $K=0,80$,

б) для наружных стен $K=0,55$.

В окончательном виде формулы для определения прочности кладки стен будут иметь следующий вид:

1. Для внутренних стен

$$R = 0,44 \cdot R_1 \cdot \frac{0,25 + \frac{R_2}{R_1}}{0,40 + \frac{R_2}{R_1}},$$

2. Для наружных стен

$$R = 0,30 \cdot R_1 \cdot \frac{0,25 + \frac{R_2}{R_1}}{0,40 + \frac{R_2}{R_1}}.$$

Определяя прочность сухой кладки по формуле и сравнивая с опытными данными, полученными при раздавливании столбиков, видим близкое совпадение их (табл. 39); в формулу подставляется временное сопротивление сжатию гипсобетона в кубиках $14 \times 14 \times 14$ см.

Таблица 39

№ образцов	Временное сопротивление гипсобетонных кубиков $14 \times 14 \times 14$ см сжатию, кг/см ²	Прочность кладки по формулам, кг/см ²	Прочность кладки по опытным данным, кг/см ²	Отношение прочностей
1	107	36,7	29,5	81%
2	107	36,7	38,7	105%
3	107	40,0	42,2	105%

В среднем расходимость составляет 2,5—3%.

Допускаемые напряжения. Согласно ТУ и Н проектирования каменных конструкций (ОСТ 90038—39), в сооружениях 2-го и 3-го классов должен быть обеспечен коэффициент запаса $K=3$. Для несущих элементов, жилых зданий (стенные конструкции, столбы), выполненных из гипсоблоков, основным показателем является прочность на сжатие. Внецентренное сжатие несущих элементов в каменной кладке вообще и в кладке из гипсобетонных блоков в частности должно ограничиваться наличием малых эксцентриситетов, обеспечивающих отсутствие растягивающих напряжений. Исходя из этого, в дальнейшем будем говорить о прочности и о допускаемых напряжениях кладки на сжатие.

Допуская применимость для кладки из гипсоблоков типа „Крестьянин“ расчетных формул ЦНИПС, приведенных выше, и вводя коэффициент запаса прочности $K=3$, получаем допускаемые напряжения на центральное сжатие для кладки при намеченных марках блоков и различных марках раствора. Опытные данные с сухими столбиками из гипсоблоков при коэффициенте запаса прочности $K=3$ дают следующие цифры:

$$[\sigma_c] = \frac{29.5}{3} = 10 \text{ кг/см}^2,$$

$$[\sigma_c] = \frac{38.7}{3} = 13 \text{ кг/см}^2,$$

$$[\sigma_c] = \frac{42.2}{3} = 14 \text{ кг/см}^2.$$

Теоретические значения допускаемых напряжений будут соответственно равны:

$$[\sigma_c] = 13 \text{ кг/см}^2,$$

$$[\sigma_c] = 13 \text{ кг/см}^2,$$

$$[\sigma_c] = 14,3 \text{ кг/см}^2.$$

Средние значения допускаемых напряжений выражаются следующими числами:

$$\text{по опытным данным } [\bar{\sigma}_c] = 12,3 \text{ кг/см}^2,$$

$$\text{по вычислению } [\bar{\sigma}_c] = 13,4 \text{ кг/см}^2.$$

Допускаемые напряжения на центральное сжатие, определенные по формулам, сведены в табл. 40 и 41.

Таблица 40

Таблица допускаемых напряжений сжатия $[\sigma_c]$ в кг/см² для сухой кладки (внутренние стены) с учетом естественного увлажнения

Вид кладки	Марки гипсобе- тона 15×15×15 см	Марки раствора		
		50	30	15
Из гипсобетонных блоков типа „Крестьянин“, „Рациональный“ и аналогичных им по структуре и механической прочности кладки	110	13,0	12,5	11,5
	90	11,0	10,5	9,5
	70	9,0	8,5	7,5
	50	6,5	6,0	5,5
	35	5,0	4,5	4,0

Таблица 41

Таблица допускаемых напряжений сжатия $[\sigma_c]$ в кг/см² для сырой кладки (наружные стены) с учетом естественного увлажнения

Вид кладки	Марки гипсобе- тона 15×15×15 см	Марки раствора		
		50	30	15
Из гипсобетонных блоков типа „Крестьянин“, „Рациональный“ и аналогичных им по структуре и механической прочности кладки	110	9,0	8,5	8,0
	90	7,5	7,0	6,5
	70	6,5	5,5	5,0
	50	4,5	4,0	3,5
	35	3,5	3,0	3,0

Приведенные в таблицах значения допускаемых напряжений, полученные теоретически по формулам ЦНИПС с введением коэффициента запаса прочности $K=3$, имеют весьма близкое приближение к значению допускаемых напряжений T и N для кладки из мелкоблочных сплошных и пустотелых бетонных камней с введением в них понижающих коэффициентов на естественное увлажнение: для внутренних стен (сухая кладка)—0,80 и для внешних стен—0,55.

Все изложенное выше по вопросу прочности кубиков, блоков и кладки из гипсоблоков приводит нас к следующим выводам:

1. Марку блоков из гипсобе-тона целесообразно установить по прочности кубиков размером 15×15×15 см, как ближе отвечающих построечным или заводским условиям изготовления блоков. В зависимости от прочности на сжатие устанавливаются следующие марки гипсобе-тона или гипсовой отливки: 35, 50, 70, 90, 110 и 140 кг/см².

2. В зависимости от величины заполнителей, а также для чисто-гипсовых изделий допускается изготовление и более мелких образцов. В этом случае для установления марки гипсобе-тона временное сопротивление сжатию, полученное при испытании мелких кубиков, умножается на следующие коэффициенты: для кубиков со стороной 10 см—0,9, со стороной 7 см—0,85.

За среднее значение принимают среднее арифметическое из трех результатов испытания кубиков. При наличии резких отклонений отдельных показателей за среднее значение принимается среднее арифметическое испытаний двух наибольших результатов.

3. Хранение образцов до испытания осуществляется в сухом, проветриваемом и теплом помещении при температуре 18—20° и при относительной влажности помещения не выше 50%.

Образцы считаются пригодными для определения марки гипсобетона после 14-дневного хранения в указанных выше условиях.

Те же результаты могут быть получены и в более короткие сроки, если будут обеспечены лучшие температурно-влажностные условия хранения образцов. Наличие постоянного веса таких образцов определяется тремя взвешиваниями их, проведенными последовательно через каждые 8 часов.

4. Для ускоренного определения прочности гипсобетона допускается искусственное подсушивание образцов в сушильных шкафах в течение 24—30 часов при температуре до 70°. В этом случае испытывают кубики размером 7×7×7 см или 10×10×10 см, а результаты испытаний умножают на коэффициенты 0,85 и 0,9 для получения марки гипсобетона. Постоянство веса образцов определяется последовательным взвешиванием через каждые 2 часа.

Сушка при температуре выше 70° не допускается.

5. Наряду с испытанием контрольных образцов, заготовленных в лабораторной обстановке, рекомендуется проверять прочность образцов, хранившихся в условиях строительной площадки.

6. Впредь до установления методики подбора состава гипсобетона, рекомендуется начинать исследования одновременно двух или трех составов, а именно 1:0,5 и 1:1 [гипс, заполнитель] или 1:1; 1:1,5 и 1:2 в зависимости от потребной марки гипсобетона.

Промежуточные составы устанавливаются интерполированием и проверяются опытным затворением.

7. Принимая за основной показатель прочности гипсобетона временное сопротивление сжатию кубика 15×15×15 см, в качестве поправочных коэффициентов на естественное увлажнение кладки вводим в формулы T и H :

а) для внутренних стен $K=0,80$

б) „ наружных „ $K=0,55$

8: В случае определения марки гипсобетона по результатам испытания кубиков 10×10×10 остаются в силе коэффициенты, предложенные ЦНИПС, т. е. 0,75 и 0,50.

9. Указанные выше коэффициенты являются преувеличенными, ибо фактически кладка стен нормально эксплуатируемых зданий не может быть доведена до состояния увлажнения, аналогичного опытному. Однако, на ближайший отрезок времени следует сохранить эти коэффициенты в целях некоторой предосторожности в применении нового материала, еще не освоенного в ши-

роком масштабе, тем более, что в условиях военного времени и восстановительного периода работ возможна укладка в дело еще не созревших или сырых блоков. При соблюдении всех правил сушки, хранения и достаточной защиты стен от увлажнения (в пределах указанных выше мероприятий) целесообразно на ближайший отрезок времени сохранить лишь один коэффициент—0,75 для наружных стен, а для внутренних формулу ТУ и Н оставить без изменения. При этих условиях расчетные формулы будут иметь следующий вид:

1. Для наружных стен

$$R = 0,40 R_1 \frac{0,25 + \frac{R_2}{R_1}}{0,25 + \frac{R_2}{R_1}}$$

2. Для внутренних стен

$$R = 0,55 R_1 \frac{0,40 + \frac{R_2}{R_1}}{0,40 + \frac{R_2}{R_1}}$$

Допускаемые напряжения на сжатие для кладки в этом случае будут несколько выше, чем указанные в табл. 39 и 40.

10. Допускаемые напряжения местного смятия под балками и прогонами определяются по формуле $[\delta_{см}] = 1,5 [\delta_c]$ при учете только местной нагрузки и $[\delta_{см}] = 2 [\delta_c]$ при учете как местной, так и остальных нагрузок, где $[\delta_c]$ — допускаемое напряжение на центральное сжатие блока.

Конструирование и расчет оконных перемычек. Оконные и дверные проемы в стенах, сложенных из гипсоблоков, перекрываются перемычками, конструктивное решение которых принимается в зависимости от ширины проема и действующих нагрузок. Неширокие средние проемы (до 2 м) требуют наиболее простого решения и могут перекрываться простыми, обычно нерассчитываемыми, рядовыми перемычками. Конструктивное решение рядовых перемычек, перекрывающих крайние проемы, даже при пролетах не свыше 2 м, принимается на основе соответствующих статических расчетов.

Широкие проемы (свыше 2 м) перекрываются армированными плоскими перемычками из рядовой кладки гипсоблоков, железобетонными балками или элементами, из армированного гипсобетона.

Перекрытие проемов рядовыми перемычками из гипсоблоков принято по аналогии с рядовыми перемычками из среднеблочных камней, приготовленных из легких цементных бетонов. Перемычки из легкобетонных камней в достаточной степени исследованы ЦНИПС, и для них, на основе опытных данных, найдены приемы расчетов и конструирования. Эти приемы и положены нами в основу конструирования перемычек при кладке стен из гипсоблоков.

А. Рядовые перемычки. Рядовая перемычка из гипсобло-

ков выполняется на растворах повышенных марок, с расположением снизу конструктивных поддерживающих стержней из круглого арматурного или пачечного железа или же с рабочей продольной и поперечной арматурой.

Плоские перемычки до момента появления первых трещин работают на изгиб. Затем работа их частично следует законам арки с наличием сжимающих усилий от действия распора, если прочность и устойчивость концов перемычек обеспечена. В таких условиях находятся перемычки промежуточных проемов, где распоры взаимно погашаются. В совершенно иных условиях будет находиться перемычка, перекрывающая крайний проем: угловой простенок представляет собой недостаточно устойчивую опору, не всегда могущую воспринять распор, в результате чего непогашенная часть распора вызывает в нижней части перемычки растягивающее усилие. Во избежание этого и для создания устойчивости крайнего (углового) простенка, ширина его должна приниматься не менее высоты проема. Расчет и конструирование рядовых перемычек, перекрывающих средние и крайние проемы, отличны между собой.

Рядовые перемычки по роду нагрузки разделяются на:

1. Перемычки, несущие, кроме собственного веса и веса кладки, расположенные на них перекрытия.

2. Перемычки, не несущие нагрузок от веса перекрытий.

Высота рядовых перемычек принимается не менее $\frac{1}{4}$ перекрываемого пролета и не менее 2 рядов блочной кладки при пролетах $\leq 1,50$ м и 3 рядов — при проемах шириной свыше 1,50 м.

Прочность камней (исчисляется по площади брутто) должна быть не ниже $25-30$ кг/см², марка раствора — не ниже 30 кг/см².

Перемычки пролетом до 2 м осуществляются без расчета. Армирование таких перемычек производится конструктивно. При этом перемычки, не несущие нагрузки от перекрытий, не требуют постановки подвесок. Грузные перемычки в местах опирания балок должны быть снабжены дополнительной арматурой в виде хомутов-подвесок, рассчитываемых на нагрузку сосредоточенной силой (опорное давление балки) и весом срезаемой части кладки ниже опорного гнезда балки, с распространением среза под углом 45° в обе стороны от гнезда. Для поддержания камней нижнего ряда кладки могут быть применены угольники, арматура различного профиля или тонкие армированные гипсолиты.

Типы рядовых нерассчитываемых перемычек приведены на рис. 58 а, б и в.

В перемычках, перекрывающих проемы до 2 м, угольники и армированные плитки являются поддерживающими и могут назначаться конструктивно.

Рядовые перемычки, перекрывающие проемы более 2 м шириной, осуществляются по тому же принципу, что и перемычки малых пролетов, с той разницей, что как высота их, так

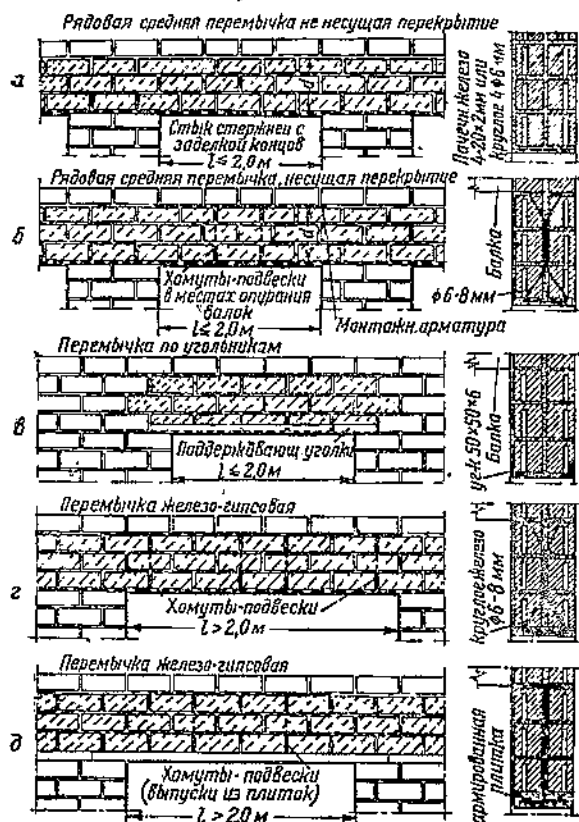


Рис. 58. Рядовые оконные перемычки.

перемычек продольная арматура укладывается в слой раствора толщиной 2—3 см, причем должны быть приняты предохранительные меры против коррозии ее. При наличии нешироких простенков рекомендуется арматуру пропускать через несколько проемов неразрывно, соединяя отдельные стержни в разных местах. Концы соединяемых стержней следует анкерить в вертикальных швах с перекрытием друг друга на $\frac{1}{2}$ —1 блок. При широких простенках армирование перемычек может производиться раздельно с обязательной анкеровкой концов в вышележащем горизонтальном шве кладки простенков. Перепуск металла в кладку простенка должен быть не менее длины одного блока; заделка концов арматуры и завязка хомутов-подвесок должна осуществляться особенно тщательно.

В табл. 42 приведены величины допускаемых давлений на перемычку от одной балки, расположенной в середине пролета при ширине его от 1 до 1,5 и от 1 до 2 м при кладке на растворах марок $R_2 = 50 \text{ кг/см}^2$ и $R_2 = 30 \text{ кг/см}^2$.

Высоты перемычки соответственно приняты в 2 и 3 ряда кладки.

и продольная арматура определяются расчетом. Высота перемычки принимается кратной высоте полублока, т. е. 10 см. Кроме продольной арматуры, в таких перемычках устанавливается и поперечная в виде хомутов-подвесок диаметром 6—8 мм. Интервалы между хомутами-подвесками принимаются не более 1 м и высоты перемычки, а расположение их увязывается с размещением балок перекрытия и укладкой блоков. Как правило, хомуты должны располагаться у мест опирания балок и рассчитываться так же, как это было указано выше. Типы рядовых перемычек для проемов свыше 2 м приводятся на рис. 58 г, д.

Во всех случаях осуществления рядовых

Допускаемая нагрузка $R_{\text{доп}}$ представляет собой то опорное давление от балки перекрытия, расположенной в середине пролета, которое может быть допущено на перемычку (в нагрузку $R_{\text{доп}}$ не входит вес балки). В последнем столбце указаны предельно наибольшие значения изгибающих моментов, которые могут быть допущены в перемычках.

Величина нагрузок и изгибающие моменты определены по приведенному ниже методу расчета.

Таблица 42

Несущая способность рядовых перемычек из блоков типа «Крестьянин»

Характеристика конструкции	Пролет в м *	Стена в 38 см, Р _{доп} в т.	Допускаемый момент М кгм	Стена в 40 см, Р _{доп} в т.	Допускаемый момент М кгм
Перемычка в 2 ряда кладки, раствор марки 50	1,00	2,70	0,72 тм	2,80	0,75 тм
	1,20	2,15	0,72 "	2,25	0,75 "
	1,40	1,70	0,72 "	1,80	0,75 "
	1,50	1,55	0,72 "	1,65	0,75 "
То же, раствор марки 30	1,00	2,15	0,59 "	2,25	0,62 "
	1,20	1,70	0,59 "	1,80	0,62 "
	1,40	1,35	0,59 "	1,40	0,62 "
	1,50	1,20	0,59 "	1,25	0,62 "
Перемычка в 3 ряда кладки, раствор марки 50	1,00	4,85	1,28 "	5,10	1,35 "
	1,20	3,95	1,28 "	4,15	1,35 "
	1,40	3,25	1,28 "	3,40	1,35 "
	1,50	3,00	1,28 "	3,10	1,35 "
	1,60	2,70	1,28 "	2,85	1,35 "
	1,80	2,30	1,28 "	2,40	1,35 "
	2,00	1,90	1,28 "	2,00	1,35 "
То же, раствор марки 30	1,00	4,30	1,14 "	4,55	1,20 "
	1,20	3,50	1,14 "	3,70	1,20 "
	1,40	2,90	1,14 "	3,00	1,20 "
	1,50	2,60	1,14 "	2,75	1,20 "
	1,60	2,40	1,14 "	2,50	1,20 "
	1,80	2,00	1,14 "	2,10	1,20 "
	2,00	1,65	1,14 "	1,70	1,20 "

В тех случаях, когда конструктивная высота от низа перемычки до плоскости опирания балок недостаточна для выполнения рядовой перемычки в три ряда кладки, могут иметь применение типы перемычек, указанные на рис. 59.

Перемычка, показанная на рис. 59 а, представляет однорядную кладку, покоящуюся на поддерживающих угольниках 50×50×6 мм и перекрытую жел.-бетонной диафрагмой. Непосредственно на диафрагму опираются балки перекрытия. Такого рода перемычки пролетом 1,50 м осуществлены над оконными проемами опытного здания лаборатории строительных материалов Горьковского инженерно-строительного института им. В. П. Чкалова.

Перемишка при огранич. конструктив. высоте

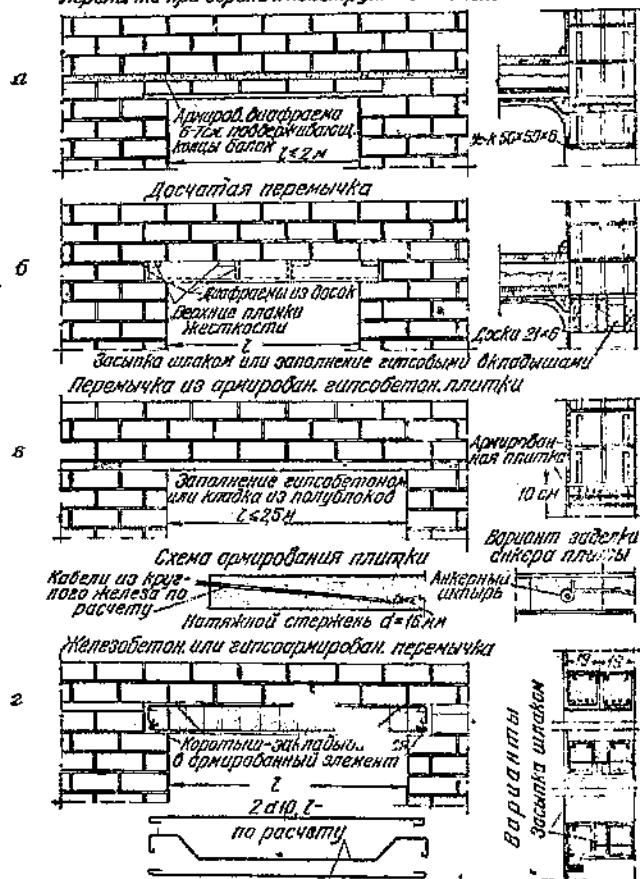


Рис. 59. Армированные перемишки.

Пятилетнее существование здания показало полную пригодность перемишек: до настоящего времени перемишки не имеют каких-либо видимых деформаций. Этот опыт дает основание применять аналогичные перемишки для перекрытия нешироких проемов, обычных в строительстве.

Для зданий вспомогательного назначения, не капитальных, или при невозможности выполнить перемишки с металлической арматурой проемы могут быть перекрыты пластинами или брусками. В частности может быть рекомендован тип, указанный на рис. 59б. Проем перекрывается 3 досками, поставленными на ребро и связанными между собою гвоздевыми забоями через

прокладки. Сечение доски принимается 21×6 см в соответствии с высотой кладки одного ряда из гипсоблоков. Доски, уложенные над проемом на ребро, являются несущими элементами, т. е. непосредственно на них могут быть уложены балки перекрытий. При конструировании в расчете указанной перемишки следует учитывать одностороннюю нагрузку несущих элементов балками перекрытий, при учете в качестве рабочих элементов только 2 доски. При этом следует иметь в виду работу и третьей доски, несущей кладку междупроемного пояса и участвующей, благодаря наличию связей, в работе от загрузки перемишки балками перекрытий. В свою очередь связи могут быть сконструированы таким образом, что они обеспечат согласованную работу всех трех элементов от всех видов нагрузки, которые обычно несет перемишка.

Перемишка с применением дерева может иметь место глав-

ным образом в сельскохозяйственном строительстве и в зданиях временного назначения.

Б. Перемычки из армированных элементов могут найти применение для перекрытия как малых, так и больших оконных проемов, т. е. независимо от их ширины и нагрузок. Чтобы ускорить производство работ, заранее заготавливаются армированные элементы из обычного цементного бетона или гипсобетона. При применении железобетонных балок следует иметь в виду неблагоприятное воздействие гипса на бетон, возрастающее при увлажнении конструкций. В целях предохранения железобетонных балок от агрессивного воздействия гипса, поверх перемычек предусматривается гидроизоляционный слой обмазочного типа.

В табл. 43 приведены значения допускаемых моментов для различных сечений железобетонных элементов при различных процентах армирования.

Вместо железобетонных элементов для перемычки могут применяться заготавливаемые заранее армированные балки из гипсобетона. По данным американской практики и нашим исследованиям, арматура хорошо сохраняется от коррозии, если находится в сухих условиях работы. Образцы, взятые из гипсовых крыш со сроком службы свыше 20 лет, показали полную сохранность находившейся в них арматуры, (Инж. Вахуркин, "Гипсовые крыши промышленных зданий", "Проект и стандарт" № 5 за 1934 г. Инж. Кузнецов, "Армированные покрытия и междуэтажные перекрытия", "Строительная промышленность" № 5 за 1940 г.).

Предварительные исследования, произведенные в лаборатории строительных материалов Горьковского инженерно-строительного института и в лаборатории Стройгаза, указывают, что железо в гипсе и гипсобетонах первое время, когда последние содержат значительное количество влаги, быстро окисляется. Как протекает процесс коррозионности в дальнейшем в условиях нахождения гипса во влажной среде и как глубоко окисляется железо с течением времени—данных не имеется, и этот вопрос требует дальнейших исследований. Учитывая имеющиеся опытные данные, следует при выполнении армированных элементов принимать меры предохранения против коррозии металла.

В соответствии с принципом армирования, принятым в американской практике, перемычки могут выполняться по рис. 59 в. Кабели круглого профиля являются основной рабочей арматурой, определяемой расчетом. Необходимым условием конструирования является надежная анкеровка концов этой арматуры в торцах плиток или в кладке простенков. Анкеровка может быть решена различно. В качестве одного из простейших вариантов приведена на рис. 59 анкеровка в кладке простенка через короткий вкладыш (штырь) диаметром 20—22 мм путем заделки анкера гипсобетоном.

Площадь арматуры в кабелях определяется по формуле

$$F_a = \frac{L \sqrt{L^2 + 4 h^2} \times p_k}{8 \sigma_a h}$$

Таблица допускаемых изгибающих моментов для армированных элементов (перемычек) рис. 59 в и г

Сечение балки в см	% армирова- ния	Допустимый момент в кг		
		марка М—70	марка М—90	марка М—110
15×20	1,75	350	361	371
	1,00	440	463	475
	1,25	522	553	575
	1,50	560	633	666
	1,75	—	704	748
	2,00	—	—	823
15×30	0,75	850	879	897
	1,00	1070	1123	1153
	1,25	1260	1343	1397
	1,50	1360	1535	1618
	1,75	—	1710	1818
	2,00	—	—	1999
15×40	0,75	1600	1666	1702
	1,00	2030	2130	2188
	1,25	2400	2547	2651
	1,50	2580	2920	3070
	1,75	—	3244	3449
	2,00	—	—	3792
20×10	0,75	—	107	109
	1,00	—	136	140
	1,25	—	163	170
	0,75	—	107	109
	1,75	—	208	221
	2,00	—	—	243
20×20	0,75	465	482	494
	1,00	586	616	638
	1,25	695	737	767
	1,50	746	844	888
	1,75	—	938	998
	2,00	—	—	1097
20×30	0,78	1130	1171	1196
	1,00	1430	1496	1588
	1,25	1680	1790	1863
	1,50	1820	2052	2157
	1,75	—	2280	2424
	2,00	—	—	2665
20×40	0,75	2140	2222	2270
	1,00	2710	2838	2918
	1,25	3200	3396	3534
	1,50	3450	3893	4093
	1,75	—	4326	4599
	2,00	—	—	5056

где r —погонная нагрузка на плиту (включая собственный вес последней),

σ_a —предел текучести стали,

K —коэффициент запаса прочности,

L —пролет плиты,

h —расстояние между центрами тяжести арматуры.

Систему нагрузок, действующую на перемышку, следует привести к эквивалентной равномерно распределенной.

Перемышки могут быть выполнены также из армированных гипсобетонных элементов с обычно применяемой в железобетонных балках арматурой. Предварительные данные испытаний, полученные инж. Серебровским в лаборатории Стройгаза, дают основание применять армированные гипсобетонные балки для статических нагрузок. Опыты с балками, армированными обычной арматурой, снабженной крючками Консидера и не защищенной покрытием от коррозии, дали значительное превышение опытной разрушающей нагрузки над критической, определяемой по формулам расчета железобетонных конструкций по стадии разрушения. Это превышение выражается в 30—40%. Образцы с металлом, покрытым в целях защиты от коррозии битумной эмалью, показали несущую способность в среднем в 1,5 раза меньшую, нежели тождественные образцы с незащищенной арматурой. На основании испытаний целой серии армированных гипсобетонных балок лаборатория Стройгаза (инж. Серебровский) приходит к выводу о возможности пользования при конструировании расчетными формулами железобетонных конструкций по стадии разрушения, пока не будет, на основании экспериментальных данных, внесено в них возможных уточняющих поправок. Однако, следует оговориться, что эта допустимость расчета по формулам железобетонных конструкций может быть отнесена только к случаям статической нагрузки. При наличии динамических воздействий пока не имеется достаточных данных для такого расчета, а отдельные испытания дали сравнительно неблагоприятные результаты.

В отчетных данных ЦНИПС предварительные выводы (отчет по теме „Армированный гипс в покрытиях по металлическим конструкциям“) сформулированы следующим образом:

„Работа плит из этого материала (гипсобетона) достаточно хорошо объясняется теорией проф. Лолейт А. Ф. и материал может быть рассматриваем, как армобетон. Поэтому и расчет его должен производиться аналогично железобетону, исходя из критических усилий, учитывающих фактическую прочность бетона и железа. Коэффициент армирования предварительно должен быть ограничен величиной $r=0,5$. Более высокий коэффициент армирования по данным испытания не дает полного использования железной арматуры“.

Перечисленные сравнительно ограниченные материалы дают все же основания применять армированные железобетонные перемышки, рассчитывая их по формулам расчета железобетонных конструкций.

Вопросы конструирования оконных и дверных перемычек нашли отражение в § 15 статьи „О строительстве зданий с гипсовыми стенами“, опубликованной в сборнике № 8 руководящих материалов и консультаций по строительству (Стройиздат Наркомстроя, 1942 г.)

В. Расчет перемычек. Расчет перемычек на чистый изгиб по обычным формулам нельзя считать отвечающим действительной работе их. Правильно будет рассчитывать перемычку по принципу расчета арки, принимая условно упрощенную схему ее с тремя шарнирами.

Таким образом расчет плоских перемычек может производиться по одному из следующих методов:

- 1) по принципу расчета трехшарнирной арки или
- 2) по принципу расчета железобетонных конструкций.

За расчетный пролет перемычки принимается размер проема в свету, не считая четвертей. Строительная длина перемычки считается равной ширине проема, увеличенной на длину одного блока с каждой стороны. За высоту перемычки принимается расстояние от верха проема до нижней плоскости опирающихся на нее балок.

Действующие на перемычку нагрузки складываются: 1) из собственного веса перемычки; 2) веса кладки над перемычкой; 3) из опорного давления балок междуэтажных или чердачных перекрытий.

Вес кладки над перемычкой принимается по треугольнику с углами 45° в основании его. При нешироких междупроемных поясах кладки, в пределах коих не происходит замыкания треугольника, следует из осторожности принимать нагрузку от веса кладки по прямоугольнику с высотой, равной высоте пояса.

Расчет перемычки по принципу трехшарнирной арки. Основной формулой, определяющей прочность перемычки, является формула распора трехшарнирной арки:

$$H = \frac{M}{f},$$

где H — распор,

M — изгибающий момент в середине пролета, определяемый как для простой балки,

f — стрела подъема условной арки. Величина стрелы подъема условной арки зависит от высоты перемычки, прочности раствора и качества кладки, условий опирания и заделки пят. На основании экспериментальных данных приблизительное значение стрелы составляет $f = \frac{5}{6} d$, где d — высота перемычки. Более

уточненные и дифференцированные значения стрелы подъема для перемычек с небольшими пролетами (до 2,5 м) по опытным данным ЦНИПС следующие:

при марке раствора	80	$f = d - 0.12$ м
„	50	$f = d - 0.15$ „
„	30	$f = d - 0.20$ „
„	15	$f = d - 0.25$ „

Обозначаем через:

l — расчетный пролет перемычки,

q — собственный вес перемычки на 1 п. м,

P — сосредоточенный груз в середине пролета.

Изгибающий момент выражается:

$$M = \frac{Pl}{4} + \frac{ql^2}{8} = 0,25 Pl + 0,125 gl^2$$

Принимаем вес половины перемычки:

$$P_1 = 0,50 ql$$

Тогда

$$M = 0,25 (P + P_1) l$$

Разрушение перемычки происходит тогда, когда сопротивление кладки срезу преодолено распором. Экспериментальным путем установлено, что на величину сопротивления кладки срезу оказывает влияние, главным образом, толщина простенка, на который опирается перемычка, и в малой степени — величина площади среза. Распору сопротивляется не вся площадь шва среза, а только ближайшие участки, и разрушение происходит постепенно, начиная с участков, ближайших к опоре, с переходом от одних волокон к другим и исключением из работы разрушающейся части шва.

Опытами установлено, что погонное сопротивление шва кладки срезу выражается следующими величинами в зависимости от марки раствора:

$$\text{при растворе марки } R_2 \geq 15 \text{ кг/см}^2 - q_{cp} = 42 \text{ т/м}$$

$$\text{„ „ „ „ } R_2 < 15 \text{ кг/см}^2 - q_{cp} = 27 \text{ т/м}$$

Принимая во внимание свойство гипсобетонной кладки поглощать влагу и терять свою прочность по мере увлажнения, следует ввести в погонную сопротивляемость кладки срезу понижающий коэффициент в соответствии с инструкцией по изготовлению и применению мелких блоков системы Булычева (при определении допускаемых напряжений). Для перемычек, как элементов наружных ограждающих конструкций, принимаем значение $K = 0,50$.

В этом случае уточненную сопротивляемость кладки на срез с учетом возможности естественного увлажнения ее получаем в следующих пределах:

$$\text{При растворе марки } R_2 \geq 15 \text{ кг/см}^2 - q_{cp} = 21,0 \text{ т/м}$$

$$\text{„ „ „ „ } R_2 < 15 \text{ кг/см}^2 - q_{cp} = 13,5 \text{ т/м}$$

Полное сопротивление срезу по длине шва будет равно: $T = q_{cp} \cdot b$.

Принимая для перемычек трехкратный запас прочности согласно ТУ и Н проектирования каменных конструкций (ОСТ 90038—39) и временной инструкции по изготовлению и применению мелких стеновых блоков системы Булычева, получаем выражение, обеспечивающее надежность перемычки:

$$N \leq \frac{q_{cp} \cdot b}{3}$$

т. е. величина распора должна быть в 3 раза меньше сопротивления срезу.

Но $H = \frac{M}{f}$, следовательно, прочность перемычки обеспечивается неравенством:

$$M \leq \frac{q_{\text{ср}} b f}{3}$$

Последнее выражение дает возможность производить расчет перемычки по изгибающему моменту. Проверка прочности перемычки производится путем сравнения левой части неравенства (величины расчетных моментов) с правой.

Условие прочности перемычки может быть выражено через фактическую нагрузку:

$M = 0,25 (P + P_1) l$ Неравенство $M \leq \frac{q_{\text{ср}} b f}{3}$ принимает вид:

$$0,25 (P + P_1) l \leq \frac{q_{\text{ср}} b f}{3},$$

откуда:

$$P_{\text{фак}} \leq \frac{4 q_{\text{ср}} b f}{3 l} - P_1.$$

При растворе марки $R_2 \geq 15 \text{ кг/см}^2$

$$P_{\text{фак}} \leq \frac{28 b f}{l} - P_1.$$

При растворе марки $R_2 < 15 \text{ кг/см}^2$

$$P_{\text{фак}} \leq \frac{18 b f}{l} - P_1.$$

При растворе марки $R_2 \geq 15 \text{ кг/см}^2$

$$P_{\text{доп}} = \frac{28 b f}{l} - P_1 > P_{\text{фак}}.$$

При растворе марки $R_2 < 15 \text{ кг/см}^2$

$$P_{\text{доп}} = \frac{18 b f}{l} - P_1 > P_{\text{фак}}.$$

По приведенным выражениям определяется величина предельной, допустимой сосредоточенной нагрузки $P_{\text{доп}}$ в середине пролета (без веса перемычки).

В тех случаях, когда фактическая нагрузка расположена не по середине пролета или если в пролете расположено несколько грузов—вся система грузов должна быть предварительно приведена к одному, расположенному в середине пролета и эквивалентному фактической системе. В этом случае полученное по формуле значение $P_{\text{доп}}$ сравнивается с величиной $P_{\text{эkv}}$ — с фактической нагрузкой, приведенной к одному грузу, расположенному в середине пролета.

При наличии на перемычке нагрузки по треугольнику с ординатой в середине пролета P т/м изгибающий момент

$$M = \frac{P l^2}{12}$$

Для получения эквивалентной сосредоточенной силы в середине пролета составляем уравнение:

$$\frac{P_{\text{эkv}} l}{4} = \frac{P l^2}{12}$$

Отсюда

$$P_{\text{экв}} = \frac{P_1}{3}$$

При сравнении величины допускаемой (определяемой по формулам) нагрузки с фактической последняя должна быть равна или меньше предыдущей. При несоблюдении этого условия сечение перемычки (высота ее) должно быть увеличено, раствор—изменен в сторону повышения марки, или же должно быть введено армирование, учитываемое расчетом.

Предыдущие формулы могут быть выражены в ином виде, дающем возможность определять необходимую величину стрелы подъема условной арки и по ней полную высоту перемычки, если погашение распора обеспечено наличием смежных перемычек или прочностью кладки простенка.

При кладке на растворе марки $R_s \geq 15 \text{ кг/см}^2$

$$f = \frac{(P_{\text{экв}} + P_1) l}{28 b}$$

При кладке на растворе марки $R_s < 15 \text{ кг/см}^2$

$$f = \frac{(P_{\text{экв}} + P_1) l}{18 b}$$

Найдя по фактической нагрузке (приведенной к одному грузу по середине пролета) и собственному весу перемычки значение стрелы подъема f , определяем высоту перемычки d , необходимую для восприятия перемычкой фактической нагрузки. Для перехода от величины f к высоте перемычки могут служить приведенные выше указания. Следует отметить, что во всех формулах расчета силы $P_{\text{доп}}$, P и $P_{\text{фак}}$ выражаются в тоннах, значения f , b , d , и l —в метрах.

В заключение еще раз укажем, что изложенный метод расчета по принципу трехшарнирной арки следует считать надежным только в том случае, если устойчивость опор перемычки обеспечена.

Для средних перемычек применение этого метода расчета не может вызывать сомнений, ввиду взаимного погашения распоров от смежных перемычек. В крайних же перемычках погашение распора может быть необеспеченным вследствие недостаточной устойчивости углового простенка, если не принять специальных мероприятий.

Расчет рядовых крайних перемычек. В средних перемычках распоры взаимно погашаются, в крайних же перемычках распор должен быть воспринят угловым простенком. В этом случае мы не имеем достаточно надежной и устойчивой опоры пяты условной арки и малейшее отклонение ее вызовет трещины в перемычке. Для погашения распора угловой простенок необходимо сильно развить, давая ему ширину не менее высоты проема, что часто по тем или иным соображениям не может быть выполнено. В последних случаях распор должен быть воспринят металлической затяжкой, площадь которой определяется расчетом. Подбор арматуры может быть произведен по тому же усилию

$$H = \frac{M}{K},$$

что и в предыдущем случае, и по допускаемому напряжению стали на растяжение $[\sigma_a] = \frac{\sigma_a}{K}$

Площадь прутьев в этом случае выразится: $F_a = \frac{H}{[\sigma_a]}$

Значение стрелы подъема условной арки принимается на основании приведенных выше указаний. Определение необходимой площади стали в затяжке может быть произведено и по следующей формуле:

$$F_a = \frac{M}{1250 Z},$$

где Z — плечо внутренних сил, принимаемое практически приближенно в размере 80% от высоты перемычки d (см. ниже расчет перемычек по аналогии с расчетом железобетонных конструкций).

При выполнении крайних перемычек особое внимание должно быть обращено на тщательность заделки концов арматуры в вышерасположенном горизонтальном шве кладки, на достаточную глубину перепуска арматуры в тело кладки углового простенка — иначе говоря, должно быть уделено серьезное внимание вопросу надежной анкеровки концов. При несоблюдении этого условия теряется смысл в укладке металла для создания из него затяжки в условной арке.

Расчет перемычек по аналогии с расчетом железобетонных конструкций. Модуль упругости кладки столбов и стен из гипсовых и гипсобетонных блоков системы Булычева, по данным ЦНИПС, в среднем составляет (см. отчет по теме „Изучение прочности кладки из гипсовых блоков на сжатие“ — руководитель темы ст. научн. сотр. Булычев, исполнитель научн. сотр. Заболотская):

1. Для кладки из гипсовых и гипсобетонных блоков с содержанием песка до 70% $E_r = 3400 \text{ кг/см}^2$.

2. Для кладки из гипсобетонных блоков с содержанием песка в бетоне от 70 до 100% по объему $E_r = 4800 \text{ кг/см}^2$. Соответственно этому относительные удлинения в среднем составляют:

1. Для кладки из гипсовых и гипсобетонных блоков с содержанием песка в бетоне до 70% $d_{cp} = \frac{E_r}{R} = 200$.

2. Для кладки из гипсобетонных блоков с содержанием песка от 70 до 100% по объему $d_{cp} = \frac{E_r}{R} = 570$.

Эти данные были предварительно приняты за основу и для них составлены таблицы значений коэффициентов K расчетным формулам (табл. 44 и 45).

Для уточнения расчетных значений коэффициентов намечено в дальнейшем выполнение серии опытов для определения модулей упругости гипсобетона различного состава и с различными

Таблица 44

Значения коэффициентов для расчета железо-гипсовых перемычек и балок

c_2	$E_2 = 3400$				$E_a = 2100000$				$m = 620$		$[\sigma_a] = 1250 \text{ кг/см}^2$
	c_1	c_2	s	t	c_2	c_1	c_2	s	t		
1,0	2,606	0,000345	0,331	0,890	10,0	0,570	0,00194	0,831	0,723	$h_o = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	
2,0	1,550	0,000617	0,497	0,834	11,0	0,548	0,00203	0,845	0,718	$f_a = c_2 b \sqrt{\frac{M}{b}}$	
3,0	1,180	0,000846	0,597	0,801	12,0	0,532	0,00214	0,856	0,715	$x = sh_b$	
4,0	0,983	0,00105	0,664	0,779	13,0	0,500	0,00225	0,865	0,712	$z = th_o$	
5,0	0,858	0,00122	0,712	0,763	14,0	0,480	0,00235	0,874	0,709		
6,0	0,770	0,00138	0,748	0,751	15,0	0,463	0,00245	0,880	0,707		
7,0	0,705	0,00153	0,776	0,741	—	—	—	—	—		
8,0	0,653	0,00167	0,798	0,734	—	—	—	—	—		
9,0	0,612	0,00180	0,816	0,728	—	—	—	—	—		

Таблица 45

Значения коэффициентов для расчета железо-гипсовых перемычек и балок

$E_2=4800$		$E_a=2100000$		$m=440$		$[\sigma_a]=1250 \text{ кг/см}^2$				
1,0	2,902	0,000314	0,260	0,913	10,0	0,589	0,00183	0,779	0,740	$h_0 = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$
2,0	1,676	0,000499	0,413	0,086	11,0	0,558	0,00195	0,794	0,735	$t_a = c_2 b \sqrt{\frac{M}{b}}$
3,0	1,445	0,000668	0,514	0,829	12,0	0,531	0,00207	0,809	0,730	$x = sh_0$
4,0	1,030	0,000965	0,585	0,805	13,0	0,508	0,00217	0,821	0,726	$z = th_0$
5,0	0,892	0,00114	0,638	0,787	14,0	0,488	0,00227	0,831	0,723	
6,0	0,796	0,00130	0,679	0,774	15,0	0,470	0,00236	0,841	0,720	
7,0	0,728	0,00144	0,711	0,763	—	—	—	—	—	
8,0	0,671	0,00125	0,738	0,754	—	—	—	—	—	
9,0	0,626	0,00171	0,760	0,747	—	—	—	—	—	

заполнителями (котельный шлак, кирпичный щебень, керамзит, гравий).

Железо-гипсовые балки и перемычки можно рассчитывать по формулам, аналогичным расчетным формулам железобетонных конструкций:

$$\begin{aligned} d &= c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}; \\ F_a &= c_2 b \sqrt{\frac{M}{b}}; \\ X &= s \cdot d; \\ Z &= t \cdot d; \end{aligned}$$

где d — высота перемычки,

F_a — необходимая площадь арматуры,

X — положение нейтральной оси,

Z — плечо внутренней пары,

c_1, c_2, s и t — числовые коэффициенты, соответствующие модулю упругости стали $E_a = 2100000 \text{ кг/см}^2$, и модулю упругости гипсобетона:

при содержании инертных до 70% — 3400 кг/см^2

при содержании инертных от 70% до 100% — 4800 кг/см^2

Допускаемое напряжение арматуры $\sigma_t = 3$ принято 1250 кг/см^2 . Допускаемые напряжения в кладке на сжатие принимаются в зависимости от марок бетона и раствора по приведенным выше таблицам. Коэффициенты c_1, c_2, s и t при расчете принимаются по табл. 43 и 44, составленным соответственно модулям упругости кладки из гипсобетонных балок $E_b = 3400 \text{ кг/см}^2$ и $E_b = 4800 \text{ кг/см}^2$ и отношению модулей упругости

$m = 620$ при $E_b = 3400 \text{ кг/см}^2$

$m = 440$ при $E_b = 4800 \text{ кг/см}^2$

Кладку перемычек рекомендуется выполнять из блоков марки 50—100 при марках раствора от 30 и выше. Для указанных марок допускаемые напряжения на сжатие колеблются: для сухой кладки (внутренние стены) от 6 до 13 кг/см^2 , для сырой кладки (наружные стены) от 4 до 9 кг/см^2 .

Пример расчета перемычки по таблицам. Расчетные данные приняты те же, что и в примере расчета перемычки из армированного гипсобетона (см. ниже):

$$M = 2750 \text{ кг/м.}$$

Гипсобетон принят состава 1:1, марка бетона—70, раствора—30.

При указанных марках бетона и раствора допускаемое напряжение принято по таблице $[\sigma] = 55 \text{ кг/см}^2$. Высота перемычки берется не менее $1/4$ пролета в свету. В данном случае при $l = 3,50 \text{ м}$ высота перемычки должна быть $d = \frac{3,50}{4} = 0,87 \text{ м}$.

Остановливаясь на высоте в 4 блока $d = 84 \text{ см}$. Ширина перемычки $b = 40 \text{ см}$. Из формулы $d = c_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$ определяется коэффициент высоты c_1 .

$$c_1 = \frac{d}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{84}{\sqrt{\frac{275000}{40}}} = 1.03$$

Коэффициенту c_1 соответствует $[\sigma] = 4,0 \text{ кг/см}^2$ и $c_2 = 0.00096$

$$F_a = 0.000965 \times 40 \sqrt{\frac{275000}{40}} = 3,20 \text{ см}^2$$

Определяем необходимое количество стали, пользуясь формулой

$H = \frac{M}{f}$. Значение стрелы подъема принимаем

$$f = \frac{5}{16} d = \frac{5}{16} \times 84 = 70 \text{ см},$$

$$H = \frac{275000}{70} = 3950 \text{ кг},$$

$$F_a = \frac{3950}{1250} = 3.16 \text{ см}^2.$$

Таким образом площади стали, определенные по формулам, аналогичным расчетным формулам железобетонных конструкций, и по расбору трехшарнирной арки, имеют близкую сходимость.

Количество растянутой арматуры может быть также определено, как было упомянуто выше, по формуле

$$F_a = \frac{M}{1250 Z}$$

где Z — плечо внутренней пары, равное, приблизительно $0,80d$ — полной высоте перемычки.

Полная высота перемычки $d = 84 + 3 = 87 \text{ см}$,

$$Z = 0,80 \times 87 = 69,5 \text{ см},$$

$$F_a = \frac{275000}{1250 \times 69,5} = 3,18 \text{ см}^2.$$

Как показали опыты, проведенные в ЦНИПС над армированными перемычками из среднеблочных камней, разрушающий момент, деленный на плечо внутренних сил, принятое в 80% от полной высоты перемычки, давал напряжение в арматуре, близкое к пределу текучести стали. Это оказалось справедливым для случаев армирования с малым процентом металла. На основании этих опытных данных и принято приближенное значение плеча внутренних сил

$$Z = 0,80 d$$

Пример расчета перемычки из армированных элементов. Рассчитать армированную гипсобетонную перемычку при следующих условиях:

1. Ширина проема в свету $l = 3,50 \text{ м}$.
2. Высота пояса между оконными проемами $2,00 \text{ м}$.
3. Толщина стены 40 см .
4. Перекрытие деревянное. Интервал между балками 85 см . Вес перекрытия 225 кг/м^2 .
5. Временная нагрузка на перекрытии 150 кг/м^2 .
6. Ширина грузовой площади $= \frac{5.0}{2} = 2.50 \text{ м}$.

Подсчет нагрузок

1. Вес перемычки $q = 0,40 \times 0,30 \times 1300 = 155 \text{ кг/м}$.
2. Вес кладки $p = 1,75 \times 0,40 \times 1300 = 910 \text{ кг/м}$.

3. Давление от балки $P = (225 + 150 + 50) \times 0.85 \times \frac{5.0}{2} = 900 \text{ кг}$

Изгибающий момент

$$M = \frac{155 \times 50^2}{8} + \frac{900 \times 3.50^2}{12} + 900 \times 1.50 \times 1.75 - 900 \times 0.85 = 2750 \text{ кгм.}$$

Марка гипсобетона $R_2 = 70$

Принимаем коэффициент армирования $\mu = 0.01$.

$$d = \mu \frac{c_c}{R_{\text{н}}} = 0.010 \frac{2500}{70} = 0.360.$$

$$h_0 = c_1 \sqrt{\frac{K M}{b R_{\text{н}}}} = 1.85 \sqrt{\frac{2 \times 275000}{40 \times 70}} = 26 \text{ см.}$$

Полная высота $h = 30 \text{ см.}$

$$F_a = 0.010 \times 26 \times 40 = 10.4 \text{ см}^2$$

Принято: 2 балки сечением $20 \times 30 \text{ см}$, железа 4 ф 13 мм,
 $F_a = 5.31 \text{ см}^2$ в каждой балке.

Теплотехнические основы расчета стен гипсовых зданий. Тепловая энергия при прохождении через блок встречает по пути различные сопротивления, так как структура блока неоднородна. В блоках системы Булычева засыпкой служил шлак объемного веса $850\text{--}900 \text{ кг/м}^3$, в блоках типа „Крестьянин“ сопротивление тепловому потоку оказывают воздушные прослойки, ничем не заполненные.

С целью определения коэффициентов термического сопротивления конструкций стен, нами произведен подробный теплотехнический расчет на основании теории О. Е. Власова, причем разрезка блоков производилась плоскостями как перпендикулярным тепловому потоку, так и параллельными ему.

Для сопоставления приняты две схемы блоков: инж. Булычева и тип блока „Крестьянин“.

1. Термическое сопротивление блока системы Булычева (вариант ЦНИПС)—согласно данным временной инструкции Наркомстроя (1941 г., стр. 10).

$$R_{\text{общ}} = 1.102 \text{ м}^2 \text{ град час/кал.}$$

$$K = \frac{1}{1.102} = 0.907 \text{ кал/м}^2 \text{ град час.}$$

2. Блоки типа „Крестьянин“ шириною 38 см.

Разрезка блока—плоскостями, параллельными потоку тепла (рис. 60)

Участок I.

$$R_I = \frac{0.11 + 0.11 + 0.10}{0.41} + 0.20 \times 2 = 1.18 \quad F_I = 0.04 \times 0.20 = 0.008.$$

Участок II.

$$R_{II} = \frac{0.04 \times 6}{0.41} + 0.20 \times 4 + 0.19 = 1.575 \quad F_{II} = 0.06 \times 0.20 = 0.012$$

Участок III.

$$R_{III} = \frac{0.04 \times 2 + 0.11 \times 2}{0.41} + 0.20 \times 2 + 0.19 = 1.322 \quad F_{III} = 0.06 \times 0.20 = 0.012$$

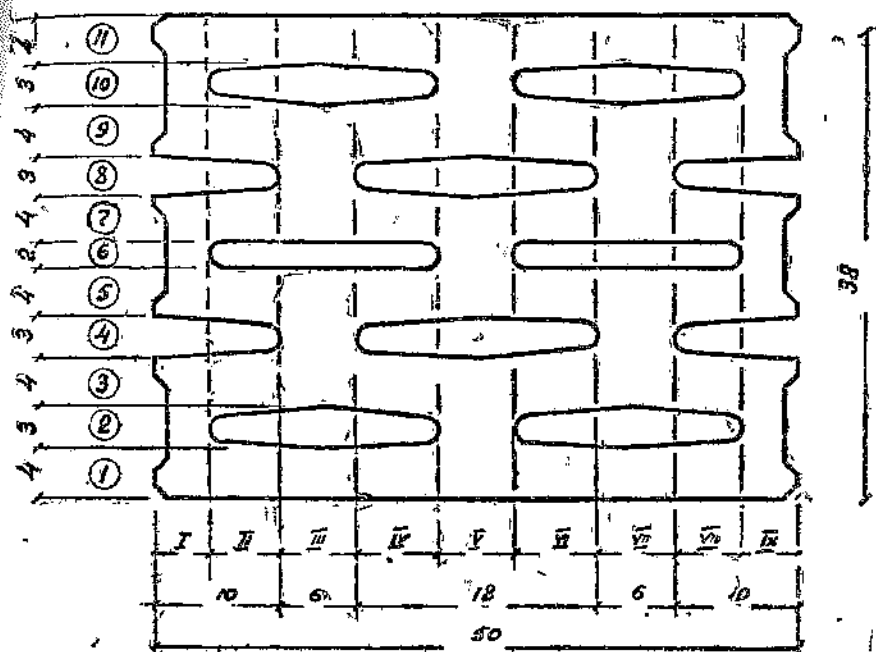


Рис. 60. К теплотехническому расчету стены из блоков „Крестьянин“ (50×38×20 см)

Участок IV.

$$R_{IV} = \frac{0.04 \times 6}{0.41} + 0.20 \times 4 + 0.19 = 1.575 \quad F_{IV} = 0.06 \times 0.20 = 0.012$$

Участок V.

$$R_V = \frac{0.11 \times 2 + 0.10}{0.41} + 0.20 \times 2 = 1.18 \quad F_V = 0.03 \times 0.20 = 0.006$$

Участок VI.

$$R_{VI} = \frac{0.38}{0.41} = 0.925 \quad F_{VI} = 0.01 \times 0.20 = 0.002$$

$$F_I : F_{II} : F_{III} : F_{IV} : F_V : F_{VI} = 0.153 : 0.231 : 0.231 : 0.231 : 0.116 : 0.038$$

$$R_{\text{общ.}} = \frac{1}{\frac{0.153}{1.18} + \frac{0.231}{1.575} + \frac{0.231}{1.322} + \frac{0.231}{1.575} + \frac{0.116}{1.180} + \frac{0.038}{0.925}} = \frac{1}{0.737} = 1.357 \text{ м}^2 \text{ час град/кал.}$$

Разрезка блока плоскостями, перпендикулярными тепловому потоку:

Участки 1, 3, 5, 7, 9, 11:

$$R_1 = \frac{0.04}{0.41} \times 06 = 0.585$$

$$F_1 = 0.25 \times 0.20 = 0.050$$

Участки 2 и 10:

$$R_{\text{бл}} = \frac{0.03}{0.41} \times 2 = 0.146$$

$$F_6 = (0.04 + 0.03) \times 0.20 = 0.014$$

$$R_{\text{воз}} = 0.20 \times 2 = 0.40$$

$$F_8 = 0.18 \times 0.20 = 0.036$$

$$R = \frac{1}{\frac{0.28}{0.146} + \frac{0.72}{0.40}} = 0.27$$

$$F_6 : F_8 = 0.28 : 0.72$$

Участки 4 и 8:

$$R_6 = \frac{0.03}{0.41} \times 2 = 0.146.$$

$$R_8 = 0.20 \times 2 = 0.40.$$

$$R = \frac{1}{\frac{0.24}{0.146} + \frac{0.76}{0.40}} = 0.282.$$

$$F_6 = 0.06 \times 0.20 = 0.012.$$

$$F_8 = 0.19 \times 0.20 = 0.038.$$

$$F_6 : F_8 = 0.24 : 0.76$$

Участок 6:

$$R_6 = \frac{0.02}{0.41} = 0.0488.$$

$$F_6 = 0.014.$$

$$F_8 = 0.036.$$

$$F_6 : F_8 = 0.28 : 0.72.$$

$$R_8 = 0.19.$$

$$R = \frac{1}{\frac{0.28}{0.049} + \frac{0.72}{0.19}} = 0.104.$$

По шву горизонтальному:

$$R_{ш} = \frac{0.38}{0.41} = 0.925.$$

$$F_{ш} = 0.01 \times 0.25 = 0.0025.$$

$$F_6 = 0.25 \times 0.20 = 0.050.$$

$$F_{ш} : F_6 = 0.05 : 0.95.$$

$$\Sigma R = 0.585 + 0.27 + 0.282 + 0.104 = 1.241$$

$$R_1 = \frac{1}{\frac{0.05}{0.925} + \frac{0.95}{1.241}} = 1.220.$$

Термическое сопротивление блока

$$R = \frac{1.357 + 1.22 \times 2}{3} = 1.266 \text{ м}^2 \text{ час град/кал.}$$

Общее термическое сопротивление

$$R_{\text{общ}} = 0.133 + 1.266 + 0.05 = 1.449 = 1.45 \text{ м}^2 \text{ час град/кал.}$$

Всёобщий коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.45} = 0.69 \text{ кал/м}^2 \text{ час град.}$$

Эти данные показывают, что стена толщиной 38 см из блоков типа „Крестьянин“ по тепловым своим свойствам допустима для районов, имеющих расчетную температуру наружного воздуха 40° при условии, что влажность в помещении не будет превышать 50%. При меньшей влажности значение К соответствует местности, где температура наружного воздуха доходит до -50° (ОСТ 90008-39).

Сопоставляя результаты подсчетов по двум вариантам, видим, что наиболее благоприятные условия дает блок типа „Крестьянин“, оправдавший себя и с конструктивной точки зрения.

Для районов, имеющих расчетную температуру наружного воздуха -30°, полностью удовлетворяют теплотехническим требованиям и блоки системы Булычева, не говоря уже о блоках типа „Крестьянин“, ибо для этих условий требуется $R_{\text{общ}}$ не ниже 1,1 м² час град/кал, а К не выше 0,9 кал/м² час град.

С целью проверки расчетного коэффициента K для блоков Булычева нами были установлены на стены тепломеры—пояс Шмидта и прибор инж. Альперовича.

Эпизодические наблюдения, проведенные нами в течение февраля 1941 года, дали следующие величины коэффициента K (табл. 46).

Таблица 46

Прибор инж. Альперовича

Пояс Шмидта

Число	K	$t_{\text{вн.}}$	$t_{\text{нар.}}$	K	$t_{\text{вн.}}$	$t_{\text{нар.}}$
11/II	0,785	+23	-3	—	—	—
13/II	0,710	+23	-1,5	—	—	—
15/II	0,635	+22	-7	—	—	—
17/II	0,747	+20	-6,5	—	—	—
18/II	0,740	+21	-9,5	—	—	—
25/II	0,570	+20	-19	0,95	+20	-19
27/II	0,620	+22	-11	1,03	+22	-11
28/II	0,645	+20	-10	1,05	+20	-10

Расхождения между показаниями приборов объясняются их конструктивными особенностями. Если пояс Шмидта приспособлен для измерения больших потоков тепла, т. е. для больших разностей температур, то при незначительных потоках тепла он дает сильные погрешности.

Прибор инж. Альперовича предназначен для малых потоков тепла и при средних токах дает уже солидные отклонения. Поэтому приведенные цифры нам указывают, что при более высокой температуре наружного воздуха следует отдавать предпочтение прибору Альперовича, при более же низких температурах наружного воздуха предпочтительнее использование пояса Шмидта.

Для наших целей необходимо было бы иметь более точный прибор.

Сопоставляя результаты показаний тепломеров с показателями, полученными теоретическим путем, можно сделать вывод, что последние довольно близки между собою и блоки обладают хорошим коэффициентом K . Таким образом еще раз подтверждается вполне достаточное термическое сопротивление гипсовых стен в 38 см толщиной для средней полосы Союза ССР с температурой наружного воздуха—30° и даже—40°.

Санитарно-техническое оборудование зданий

Гипсовые блоки допускают непосредственное навешивание на стены приборов центральной системы отопления (радиаторов, труб), так как кронштейны и крючья хорошо удерживаются на месте. Для укрепления кронштейнов целесообразно предварительно пробить в стенах отверстия шлямбуром с последующей заливкой их гипсовым раствором. Следует отметить, что в гипсовых стенах очень легко и удобно осуществляется скрытая

проводка труб отопления, если такое мероприятие будет вызываться соображениями архитектурного порядка. По этому способу может быть осуществлена и вся электропроводка.

При ограниченной толщине стен гипсовых зданий не следует делать глубоких подоконных ниш для установки приборов отопления. Неглубокие ниши могут быть допущены с тем, однако, чтобы толщина стены против ниши не была менее 30 см.

Проводимые нами в настоящее время опыты установки гипсовых печей с внутренней футеровкой красным или огнеупорным кирпичом топливника позволяют считать вполне возможным устройство дымоходов и вентиляционных каналов непосредственно в гипсовых стенах. Однако, до окончания исследовательских работ и получения результирующих выводов дымоходы следует укладывать из кирпича или из асбоцементных труб, закладываемых в стены по мере возведения кладки (рис. 61).

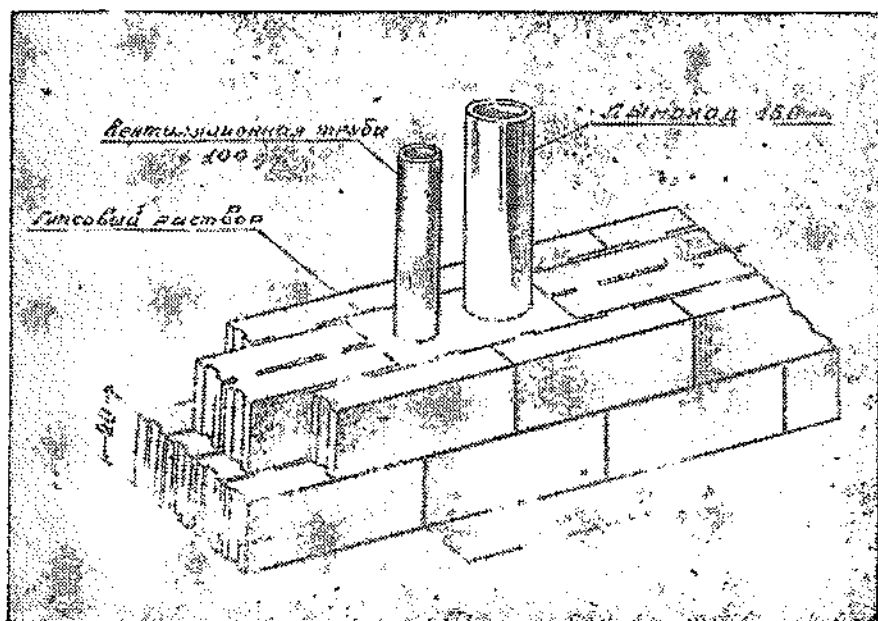


Рис. 61. Дымоходы из асбоцементных труб.

Гладкая поверхность асбоцементных труб позволяет несколько уменьшить сечение дымоходов. Так, можно считать достаточными следующие размеры дымоходов:

для комнатных печей	150 мм
„ очагов	125 „
„ ванных колонок и вентиляционных каналов	100 „

Внутренние капитальные стены из блоков и стены лестничных клеток при ограниченной их толщине могут оказаться недоста-

точными для установки асбоцементных труб. В этом случае не исключается целесообразность местных утолщений стены до 30 или 38—40 см, в зависимости от размеров дымоходов.

В местах установки водопроводных кранов, раковин и умывальников стены гипсовых зданий надлежит защищать от излишнего увлажнения масляной покраской или облицовкой.

ГЛАВА 8

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ СТЕН ЗДАНИЙ ИЗ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В общей форме, без точного учета в каждом отдельном случае транспортных расходов, местных условий и степени механизации технологических процессов, весьма трудно определить стоимость гипсовых блоков непосредственно на строительной площадке по сравнению со стоимостью красного или силикатного кирпича. До получения исчерпывающих опытных данных по ряду районов приходится ограничиваться рассмотрением лишь относительной стоимости зданий из гипсовых блоков, не учитывая значительных преимуществ этих сооружений по сравнению с деревянными в отношении огнестойкости, противогрибковой устойчивости, хорошего архитектурного оформления и гигиеничности. Для многих же районов нашего Союза, обладающих запасами алебастрового камня, гипсовые здания будут неизмеримо эффективнее не только деревянных рубленых, но и выполненных из красного или силикатного кирпича.

В каждом отдельном случае сравнительная стоимость построек должна быть учтена технической сметой.

При равных прочих условиях следующие основные предпосылки характеризуют целесообразность применения для стен зданий гипсовых блоков взамен красного кирпича:

- а) температура обжига гипса 170—200°, температура обжига кирпича около 1000°;
- б) сушка в камерных сушилах гипсовых блоков длится около двух суток, сушка кирпича примерно 4—5 суток;
- в) пустотелые гипсовые блоки требуют значительно меньше материала, чем сплошные глиняные кирпичи;
- г) толщина стен гипсовых зданий—38 см, кирпичных—не менее 51 см;
- д) объемный вес гипсобетонной кладки 1300—1350 кг/м³, кирпичной—соответственно 1700—1800 кг/м³;
- е) при отсутствии механизации технологических процессов формовка глиняного сырца—более трудоемкая работа, чем изготовление гипсовых блоков;
- ж) технологические процессы получения гипсовых блоков, при небольших технических приспособлениях, могут осуществляться даже при отсутствии сушил, в течение круглого года;
- з) пониженная температура наружного воздуха оказывает

меньшее влияние на прочность кладки из гипсовых блоков по сравнению с кирпичной кладкой;

и) мелкоблочная кладка значительно эффективнее кирпичной кладки;

к) организация всего производства требует меньших капиталовложений, чем организация выработки красного кирпича.

В условиях г. Горького, куда строительный гипс завозится из района г. Дзержинска (около 40 км), применение гипсовых блоков по сравнению с красным или силикатным кирпичом дает экономию в пределах 30—35%.

Более точно стоимость возведения стен жилого восьмиквартирного дома из гипсоблоков типа „Крестьянин“ по сравнению со стоимостью стен из красного кирпича проведена трестом „Главмука“ для здания на ст. Сейма.

Приведем основные показатели:

1. Вес 1 пог. м стены из гипсовых блоков, включая внутренний штукатурный слой 4125 кг.

Вес стены из кирпича при кладке в 2 кирпича на теплом растворе с уширением швов и теплой внутренней штукатуркой 7810 „

2. Нагрузка на подошву фундамента в первом случае (на 1 пог. м здания при ширине подошвы 0,70 м) . 10070 „

Нагрузка кирпичного здания при ширине подошвы фундамента 1 м 15175 „

Уменьшение веса на . . 21%

3. Экономия от фундаментов и земляных работ выражается в сумме 3800 р.

Удешевление стен 29 200 „

Экономия . . 38 000 р.

Общая экономия на кладке стен и фундаментов составляет 34%.

Интересные техно-экономические показатели приведены в сборнике материалов по применению гипса в строительстве Куйбышевской области.¹

В связи с возможностью практического использования приводимых данных, следует осветить их более подробно.

1. Стоимость 1 м² кирпичной стены в 2,5 кирпича на известковом растворе 82 р. 85 к.

2. То же 1 м² 128 „ 68 „

3. Стоимость 1 м² стены толщиной 38 см из пустотелых гипсошлаковых блоков (при стоимости 1 камня 38×20×20 см—1 р. 06 коп.) 28 „ 34 „

4. То же 1 м² 74 „ 58 „

5. Экономия против стоимости кирпичной стены получается на 1 м²—54 р. 01 к., что составит . 65,3%

По подсчетам авторов „Сборника“, для одного восьмиквар-

¹ Изд. Центр. научно-иссл. лаб. Куйбышевпромстроя, 1940 г., Куйбышев.

тирного дома экономия в весе стеновых материалов достигнет внушительной цифры 450 т.

Для расчета стоимости 1 м² кирпичной стены в „Сборнике“ приведена следующая калькуляция (табл. 47)

Таблица 47

На 10 м³ кладки:

Наименование работ и материалов	Колич.	Цена	Сумма
По соображ. с УСК—37 г.			
Рабсила			
Каменщики	4	6—82	27—28
Плотники	0,5	6—82	3—41
Подсобные рабочие	5,3	5—53	29—31
	—	—	60—00
Материалы и транспорт			
Кирпич красный, тыс.	4,15	179—00	742—85
Раствор сложный, м ³	2,5	69—00	172—50
Железо круглое, т.	0,005	329—00	1—64
Вода, м ³	3	0—52	1—56
Транспортеры	0,06	16—90	1—01
Краны-укосные	0,48	33—00	15—84
Растворомешалки	0,15	28—50	4—27
	—	—	939—67
Итого	—	—	999—67
Начисления на материалы 3,5%	—	—	32—89
	—	—	1032—56
Начисления 21%	—	—	216—83
	—	—	1249—39
Плановые накопления 3%	—	—	37—48
Итого	—	—	1286—87
Начисления на материалы 3,5%			32.89
			1032.56
Начисления 21%			216.83
			1249.39
Плановые накопления 3%			37.48
Итого:			1286—87

Стоимость 1 м³ стены в 2,5 кирпича будет равна:

$$\frac{1286.87}{10} = 128 \text{ р. } 68 \text{ коп.}$$

Стоимость 1 м² стены $128.68 \times 0,64 = 82 \text{ р. } 35 \text{ к.}$

Для гипсовой стены проводится следующий подсчет на 10 м² кладки (табл. 48):

Таблица 48

Наименование работ и материалов	Колич.	Цена	Сумма
Каменщики	1,7	6,82	11,59
Плотники	0,5	6,82	3,41
Подсобные рабочие	9,4	5,53	51,93
Камни пустотелые, м ³	8,5	64,50	548,25
Шлак дробленый, м ³	1,2	22,00	28,40
Раствор	0,8	62,85	50,28
Транспортеры	0,14	16,90	2,37
Рабочие на приготовление раствора для заливки швов	5	5,53	27,65
Итого:			
Рабсила	—	—	94,63
Материалы и механизмы	—	—	627,30
Начисление 21% на рабсилу и механизмы (94,63+2,37)×21%	—	—	20,37
Плановые накопления 3% на рабсилу и механизмы	—	—	3,52
Всего	—	—	745,82

$$1 \text{ м}^3 \text{ кладки} = \frac{745,82}{10} = 74 \text{ р. } 58 \text{ к.}$$

$$1 \text{ м}^2 \text{ стены} = 74 \text{ р. } 58 \text{ к.} \times 0,38 = 28 \text{ р. } 34 \text{ к.}$$

Указанные выше данные позволяют нам утверждать, что широкое внедрение гипсовых зданий в промышленное, гражданское и сельское строительство имеет большое народнохозяйственное значение.

РАЗДЕЛ III

ПЕРЕГОРОДКИ

В нашу задачу не входит описание научных исследований в области построения новых конструкций гипсовых или гипсобетонных перегородок, ибо значительная часть настоящей работы посвящена наиболее важному и мало изученному вопросу — применению гипсовых материалов в наружных ограждениях зданий. Тем не менее, в целях практического использования в строительстве, целесообразно подвести итоги накопившемуся опыту и дать характеристику наиболее оправдавшим себя типам плит для гипсовых перегородок. Одновременно следует подчеркнуть, что задачу подбора наиболее эффективных, технически совершенных плит еще нельзя считать решенной, ибо, как мы увидим ниже, проектировщики и строители не могут считать себя удовлетворенными существующим положением вещей. Не решены вопросы взаимного стыкования плит, высококачественной заделки швов, создания из отдельных плит хорошей поверхности перегородок, еще отсутствует декоративная отделка листовых элементов. В этом отношении высокие результаты получены в США, где на качество отделки плит и точность размеров обращается самое серьезное внимание (рис. 62).

Как правило, в американской практике считается совершенно обязательной затирка поверхности перегородок тонким слоем известково-гипсового раствора, так как сплошная затирка уменьшает возможность появления трещин в швах, повышает звукоизоляцию перегородок и обеспечивает высокое качество работы в целом. Шероховатая или рифленая поверхность плит способствует повышению сцепления штукатурного раствора с материалом плиты.

В практике нашего строительства нашли себе применение, главным образом, плиты „диферент“, гипсошлаковые и лишь отчасти пустотелые из гипса без заполнителя. Не оправдали себя перегородки из гипсореечных, гипсозольных, гипсопесочных и некоторых других плит в силу их малой механической прочности или плохих эксплуатационных условий работы.

ГЛАВА 9

КОНСТРУКТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИПСОВЫХ ПЛИТ

Гипсокамышевые плиты „диферент“ (ОСТ 90016—39) размером $1,50 \times 0,40 \times 0,09$ м изготавливаются, как известно, из

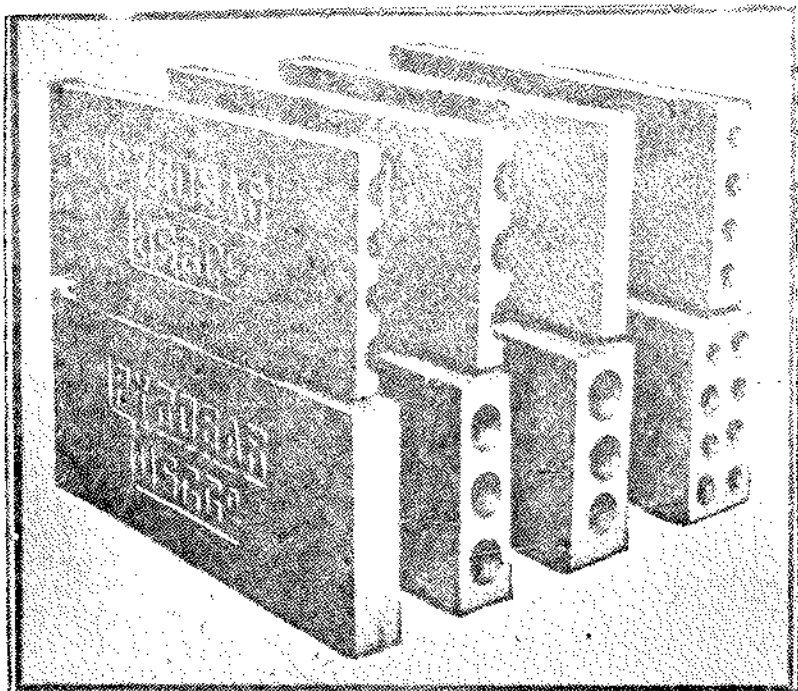


Рис. 62. Американские плиты для перегородок.

гипсового молока при $\frac{B}{r} = 0,80$ и 28—32% по объему камыша в качестве заполнителя. Плиты имеют по трем граням пазы и лишь по длинной стороне гребень, который облегчает монтаж перегородки и несколько увеличивает ее жесткость. Вертикальные пазы заливаются гипсом, создавая пробки, которые также содействуют общей устойчивости перегородки.

Значительная длина гипсокамышевых плит „диферент“ облегчает их установку, однако устройство пазов и гребней усложняет изготовление плит и их транспортировку. Плиты „диферент“ обладают вполне удовлетворительной гвоздимостью. Звукоизоляция — 38 децибел.

Утвержденный ВКС 20/VIII 1941 ГОСТ 1007—41 предусматривает технические условия на плиты „диферент“, правила приемки, методы испытаний и порядок маркировки и хранения плит.

Гипсошлаковые плиты, как правило, выполняются сплошными из гипсобетона состава от 1:1 до 1:2 по объему (гипс, топливный шлак). Наиболее удобными в производстве, транспортировке и установке признаются плиты размером $0,80 \times 0,40 \times 0,07$ м, хотя не исключается возможность увеличения длины плиты до 1 м и выше. Применение вибрации при формовке плит позволяет значительно уменьшить водогипсовое отношение, что в свою очередь упрощает искусственную сушку

плит. Небольшая остаточная влажность вибрированных гипсошлаковых плит позволяет в короткий срок после изготовления пускать их в производство, что дает им значительное преимущество перед плитами „диферент“.

Отсутствие в гипсошлаковых плитах для перегородок какой либо арматуры заставляет оберегать их от динамических уда-

ров при погрузке, выгрузке и транспортировке к месту работ. Гипсошлаковые плиты обладают хорошей гвоздимо-стью; звукоизоляция, как и в плитах „диферент“, 38 децибел.

Гипсовые пустотелые плиты с одним или двумя рядами пустот изгото-вляются размером $0,80 \times 0,40 \times 0,10$ м или $0,80 \times 0,40 \times 0,15$ м (рис. 63). Форма отверстий—преиму-щественно прямо-

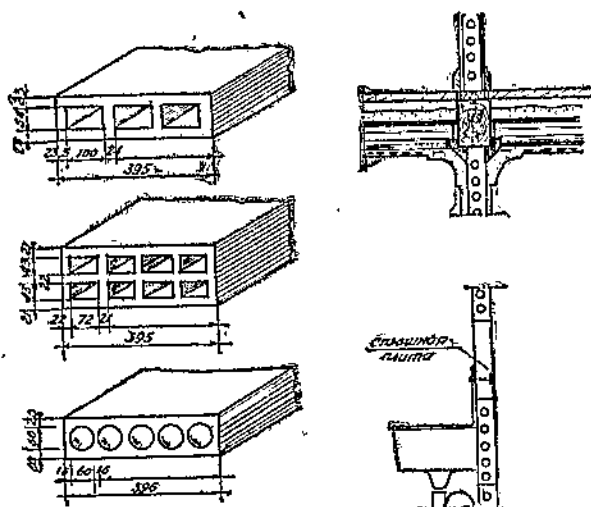


Рис. 63. Гипсовые пустотелые плиты для перегородок, угольного или круглого сечения.

Вес плит толщиной в 10 см колеблется в пределах 50—60 кг/м²; звукоизоляция—около 36 децибел; вес плит толщиной 15 см с двумя рядами пустот—90 кг/м², звукоизоляция—39 децибел. Пустотелые гипсовые перегородки не гвоздятся.

На качество перегородки весьма существенное влияние оказывают формы, в которых изготавливаются плиты. Так, при деревянных формах колебания в размерах плит по толщине достигают 5 мм, что требует уже обязательной сплошной штукатурки перегородок.

Сопряжение перегородок с потолком и крепление санитарно-технических приборов к перегородкам из пустотелых плит производится согласно рис. 63.

Перегородки, обшитые плитами сухой штукатурки, нашли себе применение не только во временных и служебных помещениях, но даже и при капитальном строительстве. Их огромное преимущество—весьма ограниченный расход гипса на 1 м² поверхности перегородки и очень короткие сроки выполнения работ по обшивке каркаса.

В практике нашего строительства готовые плиты „сухой штукатурки“ применяются из органических и неорганических материалов толщиной 8 и 10 мм.

Плиты из органической массы легко поддаются обработке режущими инструментами, обладают очень малым объем-

ным весом и небольшим коэффициентом теплопроводности (0,04—0,07), не боясь транспортировки. Однако, плиты органической сухой штукатурки требуют при изготовлении специальной обработки для увеличения их огнестойкости, грибоустойчивости и сопротивляемости влиянию влажности.

Технологический процесс изготовления плит из органической массы включает ряд сложных операций — механическое измельчение древесины в щепу, варку сырья в щелочном растворе под давлением в 3—4 ат, размол проваренной щепы, химическую обработку ее в бассейнах для придания водоустойчивости, грибоустойчивости и огнеупорности, сушку плит в многоэтажном прессе и пр.

Значительно дешевле и проще процесс изготовления плит из неорганической массы — гипса. Это упрощение технологического процесса дает возможность изготавливать гипсолитовые тонкие плиты на небольших районных стройках без специального оборудования, однако, все работы, естественно, легко поддаются полной механизации. Как область применения, так и методика испытания сухой гипсовой штукатурки подробно освещены в утвержденном 15/XI 1939 г. общесоюзном стандарте (временный ОСТ 90048—39).

Гипсовые плиты сухой штукатурки обладают меньшей сопротивляемостью изгибу и ударам, чем плиты органической штукатурки, но их прочность вполне достаточна для дальнейшей транспортировки, особенно если применить простейшую инвентарную упаковку.

Крупным препятствием к внедрению гипсовой сухой штукатурки в строительную практику являются затруднения с получением картона, идущего на армирование плит с двух сторон.

Работами, начатыми нами несколько лет тому назад в лабораторной обстановке и на производстве, установлено, что можно совершенно отказаться от применения бумаги или картона, если армировать плиты древесной тонкой стружкой или коровой шерстью, используемой обычно для изготовления строительной кошмы. Возможность обойтись без картона — фактор весьма положительный, особенно если учесть, что обрабатывать поверхность гипсовых плит под покраску или побелку легче при отсутствии картона.

Органические заполнители, применяемые нами (стружка, шерсть), значительно увеличивают эластичность плит и улучшают их гвоздимость. Испытания на копре Педжа, о чем говорилось выше, показали хорошую сопротивляемость динамическим ударам плит, армированных различными фибровыми материалами. Как указывалось, плитка, получившая удары с девяностого деления (но через 10—15 номеров) копра Педжа, не распадается на отдельные части (рис. 64) и сохраняет способность к транспортировке. Опилки, хорошо заполняющие промежутки между фиброй, несколько улучшают гвоздимость плит.

На основе анализа результатов многочисленных испытаний мы приняли следующую рецептуру для плит: стружки 2%, опи-



Рис. 64. Вид плитки после испытания на копре Педжа.

лок 1% от веса гипса, или шерсти 0,5% (50 г на 10 кг гипса), опилок — 1%.

Стружка применялась тонкая, служащая обыкновенно для упаковки стекла, приборов, фруктов и пр. Такая же стружка идет на изготовление фибrolита. Перед употреблением в дело ее следует нарезать на части длиной 20—40 см и слегка смочить, иначе она сильно поглощает влагу, отчего раствор быстро густеет, затрудняя отливку.

Прочность плит гипсовой сухой штукатурки и сопротивляемость их динамическим усилиям при транспортировке и установке на место, несомненно, ниже, чем прочность плит, армированных с двух сторон картоном. Вряд ли поэтому было бы правильным ориентироваться на промышленные приемы изготовления таких плит, но для отдельныхстроек, при отсутствии картона, применение гипсовых плит, армированных стружкой, безусловно окажется полезным. Надо только учесть, что для облегчения выемки плит из деревянных форм следует укладывать на дно формы оберточную или газетную бумагу, которая может быть использована многократно; значительно лучшие результаты дает укладка клеенки.

Для заводского производства плит гипсовой сухой штукатурки применение фибровой связи, весьма возможно, позволит отказаться от армирования плит картоном хотя бы с одной стороны, что в свою очередь облегчит выполнение отделочных работ.

Плиты выдерживают в формах 10—12 минут, после чего их

осторожно снимают и складывают для сушки между деревянными легкими решетками. Только при этих условиях плиты во время сушки не коробятся и не изгибаются. В летнее время плиты под навесами высыхают очень быстро, в течение двух-трех дней.

При формовке плит обязательно применение вибрационных площадок, чтобы иметь возможность уменьшить водоцементное отношение и, кроме того, получить гладкую поверхность плит. При горизонтальном расположении форм трудно обеспечить точный размер толщины плиты, поэтому целесообразно пропускать их до сушки между двумя контрольными вальцами. Плиты небольшого размера легко могут быть выполнены в вертикальных формах с перегородками из толстого стекла.

Интересно отметить, что вибрирование плит и других опытных изделий мы осуществляем в лабораторной обстановке на вибрационной площадке, изготовленной в мастерской ГИСИ по нашим эскизам. Такая вибрационная площадка, изображенная на рис. 65, может быть легко выполнена на любой стройке для нужд полевой лаборатории. Для производственных целей может быть изготовлена более мощная виброплощадка по этой же схеме.

Деревянный каркас перегородки, предназначенный для обшивки плитами сухой гипсовой штукатурки, должен быть тщательно провешен. Гипсовые плиты нашиваются непосредственно на каркас 60-мм гвоздями, предварительно опущенными в масляную краску и затем хорошо подсушенными. При этих условиях гвозди не подвергаются коррозии и не дают ржавых пятен на гипсовых плитах. Для плит размером $1 \times 0,70$ м вполне достаточно 8—10 гвоздей с обыкновенной, сравнительно небольшой головкой. Расстояние между стойками каркаса обычно колеблется в пределах 50—60 см и, таким образом, плита может быть выполнена в 2—3 пролета, т. е. длиной от 1 до 1,50 м. Ширина плит устанавливается в 0,70—1 м, толщина 12—13 мм, что несколько превосходит толщину плит, армированных картоном.

Опыт установки таких плит в двух зданиях ГИСИ и в одной квартире жилого дома себя полностью оправдал.

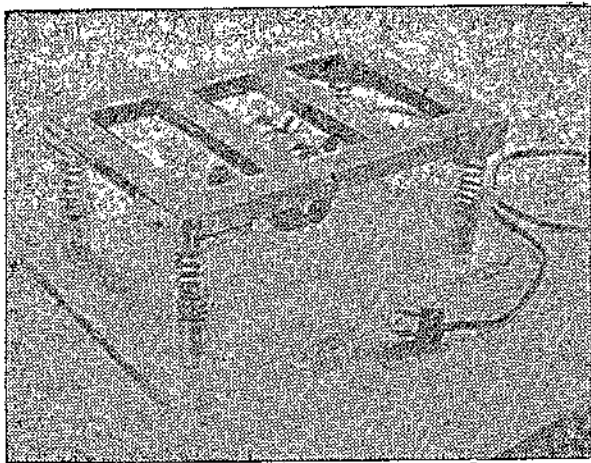


Рис. 65. Вибрационная площадка для лабораторных работ.

Несмотря на отсутствие в опытных перегородках ГИСИ дощатой обшивки каркаса, прочность перегородок оказалась вполне достаточной в обычных условиях эксплуатации помещений. Это обуславливается наличием фибровой связи (стружек, волоса, морской травы), которая способствует сопротивляемости плит изгибу и даже динамическим воздействиям.

Пример использования более толстых плит гипсовой штукатурки, армированной стружками, был дан на рис. 56, где такая плита являлась работающей частью ограждающей конструкции.

ГЛАВА 10

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛИТ ДЛЯ ГИПСОВЫХ ПЕРЕГОРОДОК

Детальное изучение конструктивных и экономических преимуществ и недостатков различных типов плит приводит нас к следующим выводам:

1. Гипсокамышевые плиты „диферент“ требуют наибольшего расхода гипса и привозного заполнителя—камыша. Необходима продолжительная сушка плит. При отливке плит гипсовое молоко, попадая внутрь стеблей камыша, увеличивает объемный вес элемента. Производство нельзя перевести полностью на индустриальные методы работ в силу затруднений с механизированной укладкой заполнителя. Отливка может выполняться только в горизонтальном положении, что ведет к большим колебаниям размеров плит по толщине.

2. Гипсошлаковые плиты перегородок почти вдвое дешевле гипсокамышевых для районов, обеспеченных топливным шлаком, однако, они обладают наибольшим объемным весом. Организация производства гипсошлаковых плит не требует больших капиталовложений и может быть легко проведена при любом масштабе строительства. При применении вибрации сокращаются расходы на сушку плит. По сравнению с плитами „диферент“ и гипсовыми пустотелыми расход гипса соответственно уменьшается на 25—26 кг/м² и 13—17 кг/м².

3. Пустотелые гипсовые плиты, несмотря на некоторый повышенный по сравнению с гипсошлаковыми расход гипса, являются наилучшими. При изготовлении в металлических формах они могут иметь очень точные размеры и заданную по качеству лицевую поверхность. Характерная особенность их — плохая гвоздимость, но это качество не является решающим.

4. Исчерпывающего решения для заделки швов между отдельными плитами еще не найдено. Заслуживает внимания американский прием сплошной затирки поверхности перегородки. При оклейке стен обоями можно ограничиться заделкой швов известково-гипсовым раствором и оклейкой поверхности перегородок бумагой. Это мероприятие в одинаковой степени относится и к перегородкам с применением гипсовой сухой штукатурки, описанной выше.

Сравнительная характеристика основных типов перегородок дана в табл. 49 по данным инж. И. А. Фалькова (НИЭС Моссовета).

№№ п/п	Наименование перегородок	Вес кв. метра перег. в кг.	Вес отд. дет. в кг	Расход гипса в кг/м ²	Расход топлива при из- готов. в кг./м ³	Стоимость	
						кв. м в рублях	%
	Межкомнатные						
1	Деревян. щитовые толщ. в 7,5 см, оштукат. с 2-х сторон	120	—	32	—	—	—
2	Гипсошлаковые	125	48	38	1	6—20	100
3	Гипсодраночные	100	60	75	16	17—80	288
4	Пустотелые	75	24	58	12	8—60	140
5	Гипсокамышовые	90	54	70	15	12—90	210
	Междуквартирные						
1	Деревянные щитовые толщ. в 13,5 см, ошту- кат. с 2-х сторон	150	—	32	—	—	—
2	Гипсодраночные (2 пли- ты)	200	60	50	32	35—60	280
3	Гипсошлаковые (2 пли- ты)	250	48	76	2	12—80	100

РАЗДЕЛ IV

ПЕРЕКРЫТИЯ И ПОКРЫТИЯ ИЗ ГИПСОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Как в заграничной, так и в отечественной практике строительства гипсовые перегородки завоевали себе прочное положение. Иначе обстоит дело с применением элементов чердачных и междуэтажных перекрытий и кровельных покрытий из гипсовых материалов. Особенно большие трудности заключаются в том, что эти элементы неизбежно подвергаются динамическим воздействиям как во время установки их на место, так и во время эксплуатации, в то время когда гипс, хорошо воспринимая спокойную нагрузку, неустойчив против ударов и сотрясений. Мероприятий, обеспечивающих хорошую сопротивляемость гипсовых элементов динамической нагрузке без затраты металла (оцинкованная арматура, сетки и пр.) еще не найдено. Попытки строительных и научно-исследовательских организаций, в частности Стройгаза, Донбассжилстроя, Академии коммунального хозяйства и др., удовлетворительно решить задачу рационального конструирования гипсовых перекрытий пока не увенчались успехом, несмотря на разнообразие предлагаемых типов накатов.

ГЛАВА 11

ГИПСОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЧЕРДАЧНЫХ И МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к накатам перекрытий, являются достаточная прочность и звукоизоляция их, огнестойкость, долговечность и экономическая эффективность. До решения основного вопроса — о достаточно удовлетворительной конструкции наката, хорошо сопротивляющегося динамическим воздействиям и скалывающим усилиям, вряд ли целесообразно было рассматривать более подробно остальные показатели, упомянутые выше. Не подлежит сомнению, что гипсовые накаты для очень многих районов нашего Союза окажутся значительно экономичнее деревянных, не говоря уже о таких преимуществах их, как большая долговечность и огнестойкость. Совершенно не решен вопрос об удовлетворительном способе заделки швов соседних плит, не найдена конструкция сопряжений плит наката с балками, устраняющая возможность появления трещин в слое затирки, и т. д.

Судя по литературным данным, основное направление заграничной практики в этом вопросе сводится к применению плит с арматурой, работающей на изгиб, и к сплошной „мокрой“ затирке потолка для получения высококачественной поверхности.

Приведем решения, предлагаемые нашими научными и строительными организациями:

а) Гипсошлаковые вибрированные сплошные плиты, предложенные НИЭС Моссовета, укладываются по черепным брускам квадратного или треугольного сечения (рис. 66 а и б). Гипсошлаковая плита толщиной 13 см дает на 1 м² 200-кг нагрузку. Подшивка потолка осуществляется плитами сухой штукатурки.

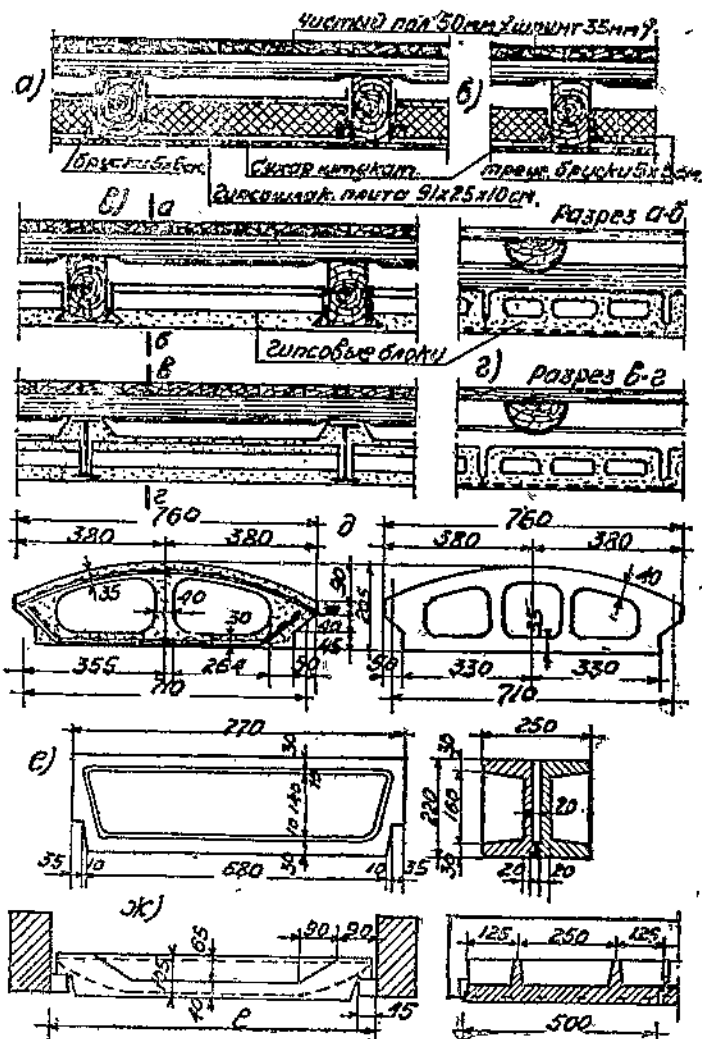


Рис. 66. Гипсовые наслы чердачных и междуэтажных перекрытий.

б) Пустотелые гипсовые плиты, применявшиеся в г. Свердловске (инж. А. А. Антипин), указаны на рис. 66 в и г для накатов по деревянным и металлическим балкам. Объем пустот в накате—40%. Равномерно распределенную нагрузку плиты выдерживают в пределах 300—350 кг. По данным инж. Антипина, плиты после укладки дают достаточно ровную поверхность потолка, которая не нуждается в штукатурке или затирке. Требуется лишь шпаклевка швов гипсовым раствором на клеевой воде.

в) Пустотелые блоки, армированные драпкой, предложенные работниками треста „Стройгаз“ (Горький), изображены на рис. 66 д. Блок заменяет собою накат, подшивку и засыпку перекрытия. Вес блока—100 кг/м².

Нагрузку от пола гипсовый накат на себя не воспринимает, так как выполняется на 3—5 см ниже уровня верхней кромки балок.

г) Гипсошлаковые блоки швеллерного типа, предложенные Академией коммунального хозяйства, изображены на рис. 66 е. Эти блоки, несомненно, дают более удовлетворительное решение гипсового наката перекрытий, чем указанные выше, но они обладают и специфическими недостатками—значительным количеством швов на потолочной поверхности, так как ширина каждого элемента очень ограничена (12,5 см). Как и в предыдущих случаях, единственно правильным мероприятием надо считать сплошную штукатурку (затирку) потолка тонким слоем раствора, тем более, что обработка большого количества швов является весьма трудоемкой работой. Высокие торцовые ребра наката сравнительно удачно решают вопрос о сопротивляемости этих блоков скалывающим усилиям, а небольшой вес элементов и их форма облегчают монтаж перекрытия.

д) Блоки треста Донбассжилстрой (рис. 66 ж) дают довольно оригинальное решение гипсового наката. Длина блоков принята в пределах от 47 до 68 см, в зависимости от расстояний между балками перекрытий; ширина блоков 50 см.

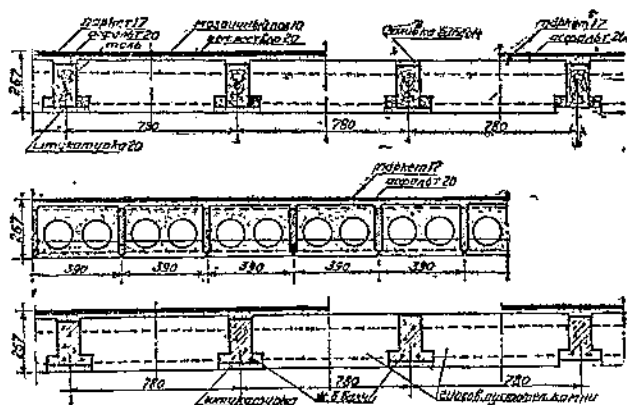


Рис. 67. Накат системы бывшего Восточного ин-та сооружений.

Сложная форма плиты диктует целесообразность изготовления их лишь при помощи вибрации.

е) Пустотелые блоки бывшего Восточного комплексного научно-исследовательского института сооружений указаны на рис. 67. Как и в блоках Академии коммунального хозяйства, эти наматы дают возможность непосредственной по ним укладки чистого пола междуэтажного перекрытия. На рис. 67 даны различные варианты укладки чистого слоя пола.

ж) Плиты сухой штукатурки, применяемые для подшивки потолков, могут быть как органические, так и неорганические (гипсовые). Независимо от материала плит должен быть решен вопрос о заделке швов соседних плит. Как было указано

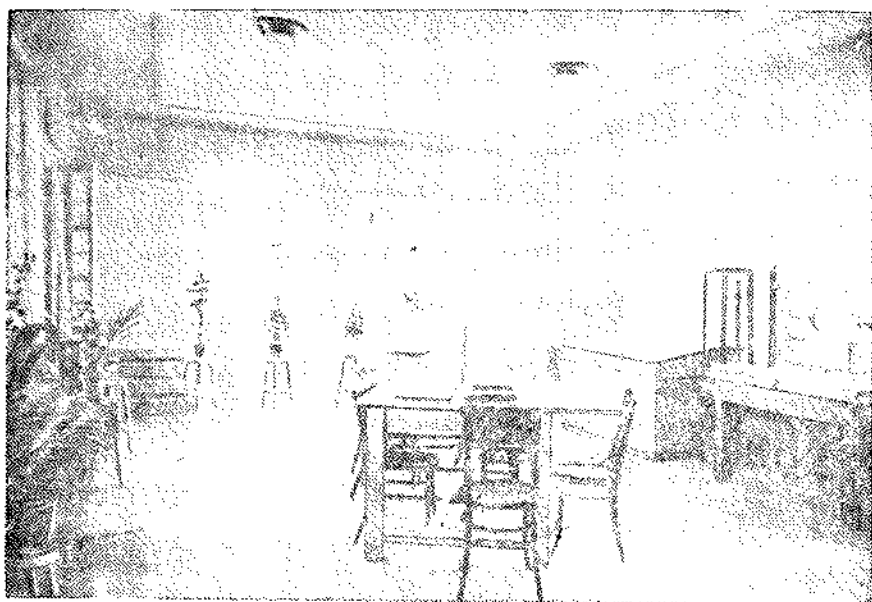


Рис. 68. Сплошная затирка потолка по плитам сухой штукатурки.

выше, удовлетворительных приемов такой заделки еще не найдено, но для общественных и промышленных зданий может быть использован способ установки деревянных штапиков по швам соединяемых плит сухой штукатурки. При сравнительно крупных размерах таких плит и хорошо исполненных деревянных штапиках, покрытых лаком, потолок производит очень благоприятное впечатление, но по своему архитектурному оформлению он все же уступает внешнему виду потолка, обработанного тонким слоем штукатурного раствора (рис. 68). Кстати надо отметить, что для штукатурки по гипсовым поверхностям элементов можно применять только известково-гипсо-песчаный раствор, так как чисто гипсовый раствор быстро прикипает и не дает возможности спокойно закончить работу.

Потолок, изображенный на рис. 68, выполнен из плит, приготовленных нами по указанному выше способу (см. перегородки), т. е. без применения картона. Это обстоятельство облегчило общую обработку и окончательную отделку потолка.

Как указывалось выше, характеристика тонких гипсолитовых плит (сухой гипсовой штукатурки) дана в общесоюзном стандарте — ОСТ 90048—39.

Как в первом случае — при наличии штапиков, так и во втором случае — при общей штукатурке потолка, нами применены деревянные карнизы, обработанные под общий тон со штапиками. Этот прием оказался очень удачным, способствующим общей архитектурной композиции помещения, но в отдельных случаях, особенно в жилищном строительстве, надо отдать предпочтение гипсовым карнизам.

з) Карнизы из заранее приготовленных отдельных элементов способствуют осуществлению идеи индустриализации постройки зданий. Исключая „мокрые“ процессы, такие карнизы, естественно, значительно ускоряют ход отделочных операций и дают возможность в короткие сроки переходить к малярным работам.

В небольших помещениях нашей опытной постройки лаборатории ГИСИ мы применили гипсовые сборные карнизы, изготовленные по следующей рецептуре: гипса 100%, шерсти 1%, опилки (для облегчения веса и лучшей гвоздимости) 5—6% от веса гипса, воды 56—60%. Коровья шерсть, применяемая при изготовлении строительной кошмы и являющаяся отходом в кожевенном производстве, в силу своей эластичности, хорошо укладывается в гипсовой массе и дает возможность выполнить карниз любого профиля с самыми мелкими и сложными обломами. Ее использование в заводском масштабе не может вызвать осложнений, так как шерсть, идущая в строительную кошму, имеет невысокое качество (отход) и кроме того самое применение кошмы, способствующей разведению моли, должно быть сильно ограничено в строительных конструкциях.

Опытные карнизы, изготовленные московским заводом сухой штукатурки с применением картона, не дали хороших результатов, так как картон часто отстает и мешает окончательной отделке поверхности в то время, когда гладкий, белый гипсовый карниз имеет ряд существенных преимуществ. Карниз к стенам и потолку прибивается промасленными гвоздями, причем некоторые затруднения встречаются при прибивке карниза к каменным стенам; наоборот, очень легко осуществляется прибивка к гипсовым стенам в силу их хорошей гвоздимости. Хорошие результаты дает предварительное примораживание карниза к стенам помещения на гипсо-известковом растворе, так как в этом случае можно легче парализовать вредное влияние неровностей каменной стены.

Некоторые затруднения вызывает пригонка отдельных кусков карниза (1,50—1,60 м длиною), однако, при тщательной заделке стык между ними почти не заметен. Правда, мы изго-

товляли гипсовые карнизы в деревянных ручных формах, тщательно прошпаклеванных, покрашенных и покрытых масляным лаком. Они, естественно, дают существенные колебания в размерах. Лучшие результаты были бы, несомненно, получены при стыковании карнизов в случае изготовления их в металлических формах, покрытых листами дюралюминия.

На отчетной выставке Наркомстроя представлены интересные работы экспериментальной мастерской треста „Жилстрой“ по сборным гипсовым карнизам в жилых помещениях. Длину карнизов мастерская доводит до 2—2,5 м. В качестве фибры мастерская применяет морскую траву (мочалу), в качестве арматуры—штукатурную дрань. Гипс всыпается в воду, куда добавлена известь из расчета 1 кг на 5 л воды.

Существенной особенностью приемов установки сборных карнизов, разработанных трестом „Жилстрой“, надо считать способ стыкования отдельных элементов карниза. Для заливки стыка рекомендуется применение стыковых накладок из гипсовых же профильных отливок, устанавливаемых на гипсовом растворе. По мнению автора работы, архитектора Чабурина, стыковая накладка не мешает общему восприятию карниза комнаты, если будет обеспечена убедительная архитектурная увязка накладки с карнизом.

Над сборными карнизами помещений необходимы дальнейшая научная работа и экспериментальная проверка.

ГЛАВА 12

КРОВЕЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Если в области конструирования гипсовых накатов чердачных и междуэтажных перекрытий есть ряд работ, дающих более или менее удовлетворительное решение в первом приближении, то в области построения элементов кровельных покрытий исследовательские работы по существу только начаты. Правда, в течение 1934—1935 гг. старшим научным сотрудником ЦНИПС инж. Н. А. Корневым проводилась работа по теме „Армированный гипс в покрытиях по металлическим конструкциям“¹, но она носила предварительный характер и не дала ответа на ряд весьма существенных вопросов, из которых основной—защита арматуры от коррозии. И все же работа инж. Корнева имела большое значение в деле популяризации вопросов о возможности и целесообразности возведения кровельных покрытий из гипсовых элементов.

В № 5 журнала „Проект и стандарт“ за 1934 год инж. В. М. Вахуркин приводит данные, касающиеся опыта Америки по возведению гипсовых крыш промышленных зданий. Высокие теплоизоляционные свойства таких крыш, их огнестойкость, легкость веса и гигиеничность обеспечили им за последние 30 лет

¹ Отчет по наряду № 4528

такое широкое применение, что построением гипсовых крыш занят целый ряд специализировавшихся на этом крупных фирм.

Арматура гипсовых крыш работает как многопролетная цепь и воспринимает на себя всю вертикальную нагрузку. В свою очередь, гипс работает на местное сжатие, передавая нагрузку на арматуру, которой служит проволока холодного волочения диаметром 5 мм. Расстояние между кабелями принимается от 6 до 10 см в зависимости от величины нагрузки и пролета. После укладки плит концы арматуры соседних элементов плотно скручиваются между собою и заливаются гипсовым раствором, образуя непрерывную многопролетную цепь. Толщина плит принимается в 7,5 см, ширина—от 40 до 60 см и длина—от 1,60 до 2,30 м.

Как в статье инж. В. М. Вахуркина, так и в статье инж. Г. Ф. Кузнецова, опубликованной в № 5 журнала „Строительная промышленность“ за 1940 год, приводятся данные, характеризующие приемы конструирования и расчета, принятые в американской практике. Подчеркивается основная мысль, что малая сила сцепления арматуры с гипсом требует особой анкеровки арматуры и иного по сравнению с железобетоном принципа армирования гипсовых плит. Для толстой арматуры не требуется дополнительных мероприятий по защите стальной арматуры от коррозии, так как возможное в первоначальный момент ржавление арматуры не представляет опасности. Лишь при малых сечениях проволоки необходимо защищать ее в начальной стадии изготовления элемента от коррозии гальванизацией (оцинковкой) или окраской.

При изготовлении плит установилась следующая рецептура смеси: 87,5% гипса, 12,5% мелкой древесной стружки хвойных пород и не более 60% воды (от веса гипса).

Во всех указанных выше работах приводятся американские формулы для расчета плит, а в статье инж. Вахуркина сообщается таблица допускаемых нагрузок.

Как видим, этих немногих данных совершенно недостаточно для практического внедрения гипсовых крыш в наше промышленное строительство. Кроме того что качество нашего гипса может быть отличным от американского, надо учесть последние технические достижения в области выполнения конструкций из железобетона. Так, для увеличения сцепления между гипсом и арматурой рационально применить скручивание стальной проволоки, а для улучшения технологического процесса, а следовательно и качества гипсовой отливки, следует использовать преимущества, которые дает вибрационный метод укладки массы.

Научно-исследовательские работы по теме „Армированный гипс“ по своему практическому значению представляют большой интерес, однако материалов, возможных к опубликованию, еще недостаточно.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.
4

Предисловие	4
-----------------------	---

РАЗДЕЛ I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Глава 1. Значение гипсовых материалов и конструкций в народном хозяйстве СССР	5
Глава 2. Физико-химическое и физико-механические свойства гипсовых материалов	8
1. Характеристика гипса	8
2. Водовязущее или водогипсовое отношение	12
3. Тонкость помола гипса	14
4. Влияние заполнителей на свойства гипсового литья	17
5. Теплоизоляционные свойства гипса	21
6. Морозостойкость гипсовых изделий	23
7. Огнестойкость гипсовых материалов	29
8. Повышение механической прочности гипсовых материалов	32
9. Пористые (ячеистые) гипсы	46
Глава 3. Методика испытания физико-механических свойств гипсовых материалов	50
1. К вопросу испытания полугидрата и готовых изделий	50
2. Определение влажности гипсовых элементов и изделий	56

РАЗДЕЛ II. СТЕНЫ ГРАЖДАНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ГИПСОВЫХ БЛОКОВ

Глава 4. Примеры из практики строительства гипсовых зданий	60
1. Здания Горьковской области	61
2. " Куйбышевской области	67
3. " гор. Сталинабада	70
4. " гор. Чкалова	70
5. " гор. Москвы и окрестностей	70
6. " Свердловской области	70
Глава 5. Санитарно-гигиеническая характеристика существующих гипсовых зданий	73
1. Температурно-влажностный режим помещений	73
2. Защита гипсовых стен от влияния атмосферной влаги	81
Глава 6. Технологические процессы изготовления гипсовых блоков	85
1. Выбор типа блоков по конструктивным и производственным признакам	85
2. Приемы изготовления блоков, вопросы механизации процессов	95
3. Растворы для кладки стен	100
Глава 7. Конструктивные особенности возведения гипсовых зданий	104
1. Цокольная часть	104
2. Стены гипсовых зданий	105
3. Прочность кладки из гипсоблоков	111
4. Конструирование и расчет оконных перемычек	120
5. Теплотехнические основы расчета стен гипсовых зданий	136
6. Санитарно-техническое оборудование зданий	139
Глава 8. Экономические предпосылки целесообразности возведения стен зданий из гипсовых материалов	141

РАЗДЕЛ III. ПЕРЕГОРОДКИ

Глава 9. Конструктивная характеристика гипсовых плит	145
1. Гипсокамышевые плиты "диферент"	145
2. Сплошные гипсошлаковые плиты	146
3. Пустотелые гипсовые плиты	147
4. Перегородки, обшитые плитами сухой штукатурки	151

Глава 10. Сравнительная характеристика плит для гипсовых перегородок	
--	--

РАЗДЕЛ IV. ПЕРЕКРЫТИЯ И ПОКРЫТИЯ ИЗ ГИПСОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Глава 11. Накаты чердачных и междуэтажных перекрытий	153
Глава 12. Кровельные покрытия	158