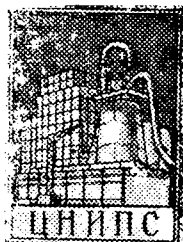


СССР. НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ ВО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
**И Н С Т И Т У Т**  
ПРОМЫШЛЕННЫХ  
**С О О Р У Ж Е Н И Й**



СООБЩЕНИЕ 40  
Г

Лаборатория строительных материалов

179119

Инж. А. С. ШКЛЯР

# ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ГИПС

*Под редакцией проф. Б. Г. СКРАМТАЕВА*

СТРОЙИЗДАТ НАРКОМСТРОЯ

1943

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Высокопрочный гипс отличается сравнительно высокими качествами и достаточной простотой производства.

Короткие сроки нарастания высокой прочности такого гипса в связи с хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами и огнестойкостью являются предпосылками для широкого применения его в строительстве. Этому должно способствовать и богатство сырьевой базы.

Применение высокопрочного гипса будет содействовать дальнейшей индустриализации и скоростным методам строительства.

В настоящее время в системе Наркомстроя действует один завод по производству высокопрочного гипса и согласно приказу народного комиссара по строительству т. Гинзбурга С. З. строится несколько таких заводов.

Работы по изучению свойств высокопрочного гипса только начаты, еще предстоит выяснить много вопросов, связанных с технологией производства и способами применения его, в частности, вопросы о защите и конструировании арматуры, приготовлении гипсобетонов, изделий и др. Но имеющиеся материалы уже дают возможность сделать первые выводы в отношении производства, свойств и применения высокопрочного гипса.

В качестве предварительных указаний по данному вопросу и выпускается настоящая работа.

Глава II «Способы производства гипса обработкой без давления» имеет целью отметить только технологическую сущность этих способов для возможности сравнения их с рассматриваемым в настоящей брошюре способом производства. Глава VII «Области и экономика применения» не является инструктивной, она имеет целью только ознакомить широкие круги строителей с областями применения высокопрочного гипса. В целом назначение настоящей работы — помочь освоить высокопрочный гипс в первое время его появления.

В деле освоения высокопрочного гипса в строительстве нужно отметить работу Особой строительно-монтажной части (где начальником инж. Кучеренко В. А.), явившейся пионером в этом вопросе, в частности, работу гл. инженера ОСМЧ Конюшевского Е. И. и кандидата технических наук Боженова П. И.

Работы по изучению свойств высокопрочного гипса проводятся лабораторией указанной выше Особой строительно-монтажной части, а также ЦНИПС.

нию высокопрочного гипса ЦНИПС обращается с просьбой ко всем производителям, строителям и научным работникам присылать материалы о производстве и применении высокопрочного гипса, а также отзывы о настоящей работе.

---

Изданием настоящей брошюры ЦНИПС возобновляет выпуск сообщений Института по наиболее актуальным вопросам из его работ, требующих немедленного внедрения в строительство.

Нумерация сообщений дана двойная. Цифры в знаменателе указывают номера выпусков новой серии.

Дирекция ЦНИПС

---

## ВВЕДЕНИЕ

Гипс известен с древнейших времен как вяжущее вещество. Он применяется в строительстве не только как материал для штукатурных, лепных и скульптурных работ, но и для производства целого ряда строительных деталей и материалов. Большое применение имеет гипс также и в керамической промышленности для изготовления форм.

Широкое применение гипса объясняется, с одной стороны, большим запасом сырья в природе, легкостью добычи, простотой и дешевизной производства и, с другой стороны, высокими вяжущими свойствами, способностью при литье точно воспроизводить рельеф формы, небольшим объемным весом, а также высокими огнезащитными и теплоизоляционными свойствами.

Особенно широкое промышленное применение гипс получил в США, где из гипса изготавливаются: а) стеновые и перегородочные плиты, б) конструктивные элементы перекрытий, плиты для полов и потолков, плиты для облицовки и изоляции металлических узлов и балок, кровельные плиты и т. д.; в) отделочные материалы — сухая гипсовая штукатурка, перфорированные отделочные плиты и т. д. Гипс производят около 220 заводов производительностью 5,2 млн. т в год<sup>1</sup>.

Однако гипс не использовался для ответственных видов строительства (несущие конструкции, бетон и железобетон и т. п.) вследствие сравнительно низкой прочности, резко снижающейся при намокании, и относительно большой водопоглощаемости изделий.

Над получением гипсового вяжущего, обладающего повышенными качествами, работал ряд исследователей. Эти работы шли по двум путям: а) обезвоживание гипсового камня обжигом при высоких температурах, с химически действующими добавками или без них; б) обработка гипсового камня паром под давлением.

Второй путь, давший лучшие результаты при меньшем расходе топлива, привлек в последнее время большое внимание.

Известны работы ряда исследователей в США и СССР: Ранделя и Дейлея (1929 г., США) — пропаривание в специальных автоклавах и высушивание в сушилке; Якшарова (1931 г.) — пропаривание гипсового камня в автоклавах завода силикатного кирпича; Волженского и Кордонской (1933—1934 гг.) — то же; Гече-

<sup>1</sup> „Американская техника и промышленность“ № 4, 1931 и № 5, 1941.

лева (1934 г.) — то же; Манжурнета (1936—1939 гг.) — пропаривание в лабораторных автоклавах; Передерия (1938 г.) — пропаривание и высушивание в лаборатории и затем на специальной установке; Гулиновой (1938 г.) — пропаривание в лаборатории; Либермана (1939 г.) — пропаривание, высушивание в печи; Разоренова и Власовой (1940 г.) — то же.

В работах до 1938 г. применялись высокое и среднее давления и обезвоживание только путем пропаривания. В последующих работах использованы принципы, положенные в основу способа Ранделя и Дейлея, причем Передерий несколько отошел от них, допустив понижение температуры гипса после пропаривания перед высушиванием и понизив температуру сушки.

В мае 1941 г. в Киеве была сооружена установка и повторен американский способ пропаривания гипсового камня в автоклаве и высушивания в сушильном барабане. Испытания, произведенные в Киевском институте силикатов доц. Манжурнетом, показали высокие качества полученного гипса.

Инженеры Ф. Т. Садовский и А. С. Шкляр предложили установку для дегидратации гипса пропариванием и высушиванием его в одном аппарате (демпфере), чем их способ принципиально отличается от американского.

Затем был запроектирован завод по производству гипса демпферным способом; строительство завода осуществлено при непосредственном участии автора. Первый выпуск продукции гипса, полученный в апреле 1942 г., был применен и испытан в ответственных конструкциях. Установка перешла в эксплуатацию.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИПСЕ

Сырьем для производства гипса—вяжущего является природный гипсовый камень—двуводная сернокислая соль кальция— $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — минерал светлого, или от светло- до темносерого (при органических примесях), или от розового до бурого (при примесях окислов железа) цвета. По строению различают гипс крупнокристаллический (гипсовый шпат), грубо- и мелкозернистый (алебастровый камень), волокнистый (селенит). Гипс — мягкий минерал, твердость по шкале Мооса — 2. Удельный вес  $2,2 \div 2,4$ .

В природе встречается также безводная модификация гипса—ангидрит, для производства полуводного гипса не применяется. Природный ангидрит может использоваться для производства ангидритового цемента. Химический состав разновидностей гипса приведен ниже (стр. 7).

Встречающиеся естественные смеси гипса с глиной (местное название «гажа» — Кавказ) и гипса с лёссом («ганч», «арзык» — Средняя Азия) применяются после обжига для штукатурки и неответственной кладки.

<sup>1</sup> Опытами, проведенными доц. Манжурнетом В. В., установлена возможность получения полуводного гипса из ангидрита путем пропаривания.

# Химический состав разновидностей гипса (в %)

Разновидность гипса Составные элементы	Двуводный		Полуводный	Безводный
	природный	теоретический состав		
CaO . . . . .	32,1 ÷ 33,5	32,56	38,63	41,12
SO <sub>3</sub> . . . . .	45,0 ÷ 47,5	46,51	55,16	58,88
H <sub>2</sub> O гидратная . . . . .	19,0 ÷ 20,9	20,93	6,21	—
MgO, K <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,1 ÷ 1,8	—	—	—
H <sub>2</sub> O гигроскопическая . . . . .	0,1 ÷ 0,7	—	—	—

Месторождения гипса значительны и достаточно широко распространены в СССР: в Архангельской, Ленинградской, Кировской, Молотовской, Горьковской, Куйбышевской, Сталинградской, Чкаловской, Челябинской, Новосибирской, Иркутской областях, в Подмосковном бассейне, Красноярском и Краснодарском краях, в Татарской, Башкирской, Калмыцкой и Крымской АССР, в Украинской, Казахской, Киргизской, Узбекской, Таджикской ССР и др.

Термической обработкой двуводного гипса получают две разновидности: полуводный гипс, содержащий 6,2% воды, и безводный гипс—ангидрит. По данным ряда исследователей, существует еще четвертая модификация гипса—растворимый ангидрит.

Резких температурных границ для образования полуводного и безводного гипсов указать нельзя. «Процессы обезвоживания гипса в стадиях образования полугидрата и ангидрита перекрывают друг друга даже при точной работе с небольшими навесками в лабораторных условиях» (Юнг В. Н.).

Проф. Глазенапп установил модификации гипса при повышении температуры:

1) При  $T = 65 \div 70^\circ$  начинается выделение воды из двуводного гипса.

2) При  $T = 107^\circ$  образуется основное вещество технического алебаstra (полуводный гипс).

3) При  $T = 107^\circ \div 200^\circ$  гипс продолжает терять гидратную воду и переходит постепенно из полугидрата в безводную модификацию — ангидрит; образуется смесь, состоящая из полугидрата и ангидрита со значительно большим содержанием полугидрата; чем ближе  $T$  к  $200^\circ$ , тем большее количество гипса переходит в ангидрит.

4) При  $T = 200 \div 300^\circ$  образуется ангидрит с незначительным остатком полугидрата.

5) При  $T = 200 \div 300^\circ$  ангидрит способен схватываться, но обладает низкой прочностью.

6) При  $T = 500 \div 750^\circ$ —ангидрит («мертвый» гипс).

7) При  $T = 750 \div 800^\circ$ —ангидрит, начало образования эштрих-гипса.

8) При  $T = 800 \div 1000^\circ$  — ангидрит, появляется свободная известь; образуется нормальный эштрих-гипс.

9) При  $T = 1000 \div 1400^\circ$  количество свободной извести возрастает; образуется эштрих-гипс, быстро схватывающийся.

Проф. Юнг В. Н. в следующем виде излагает результаты исследований Вант-Гоффа, Наккена и Баларева: «В присутствии воды при атмосферном давлении полугидрат не может образоваться, и наоборот, если он имелся в наличии, то при соприкосновении с водой непременно должен перейти в двуводную модификацию.

Поэтому, для того чтобы достигнуть дегидратации гипса в присутствии воды, необходимо повысить как давление, так и температуру. Такой опыт следует вести в замкнутом сосуде, тогда во всей системе будет получаться давление, отвечающее давлению водяного пара при соответственной температуре; на основе исследований Вант-Гоффа это составляет  $107^\circ$  при давлении водяного пара 971 мм рт. ст.

«Если воздух имеет доступ к системе, т. е. имеет непосредственное соприкосновение с гипсом, и в то же время насыщен водяным паром, то условия оказываются аналогичными описанным выше, так как воздух уже не может воспринять водяного пара, вследствие того, что он им насыщен, и, следовательно, добавочное количество воды могло бы появиться лишь в виде жидкости, при наличии жидкой воды дегидратация гипса при атмосферном давлении произойти не может.

«Таким образом, превращение двуводного гипса в полуводный может наступить лишь при выделении воды из гипса в форме пара. Следовательно, условия, необходимые в данном случае для дегидратации, осуществляются лишь тогда, когда давление паров воды, выделяющейся из гипса, оказывается равным давлению паров воды в окружающей среде, т. е. при  $101,5^\circ$  не ниже 760 мм рт. ст., при этих условиях воды в жидком виде уже не будет».

«В отношении полугидрата в свою очередь необходимо установить, до какой температуры, если давление пара равно одной атмосфере, он остается стабильным; выше этой температуры при том же давлении водяного пара будет уже ангидрит. В качестве такого предела по исследованиям Баларева принята температура  $154^\circ$  ( $135 \div 165^\circ$ )».

## II. СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСА ОБРАБОТКОЙ БЕЗ ДАВЛЕНИЯ

Для получения полуводного гипса из гипсового камня (без обработки его паром под давлением применяются следующие способы:

- 1) Обжиг в камерных и шахтных печах.
- 2) Варка в котлах.
- 3) Обжиг во вращающихся печах.
- 4) Обжиг во взвешенном состоянии.

1. **Обжиг в камерных и шахтных печах.** Гипсовый камень в крупных кусках загружается в печь. В камерной печи топливник находится под подом, в шахтной печи топливо загружается в перемешку с гипсом (пересыпной способ). Обжиг при  $T = 180 \div 200^\circ$  продолжается до 1,5 суток. Шахтная печь разгружается шуровкой, камерная — вручную, время загрузки камерной печи — сутки. Обожженный камень сортируется, так как содержит значительное количество недожога, и затем измельчается.

2. **Варка в котлах.** Гипсовый камень измельчается до тонкости конечного продукта, затем постепенно загружается в заранее разогретый варочный котел. Топка располагается под котлом. Дымовые газы от сжигаемого топлива сначала обогревают дно котла, затем цилиндрическую часть. Гипс в котле непрерывно перемешивается мешалкой. Температура постепенно повышается до  $160 \div 180^\circ$ . Варка продолжается  $2,5 \div 3$  часа, а весь процесс — до 4 час. Применяются также варочные котлы другой конструкции, в которых обогрев котла производится снаружи паром.

3. **Обжиг во вращающихся печах.** а) Печь Куммера. Гипсовый камень, дробленый до крупности орешка, поступает в печь и проходит через нее за  $1,5 \div 2$  часа, затем сутки охлаждается в силосе и измельчается. Печь оmyвается топочными газами сначала снаружи, а затем газы направляются во внутрь.

б) Печь Полизиуса. В отличие от печи Куммера в этой печи газы после наружного обогрева проходят по жаровой трубе внутри печи.

в) Печь Бюттнера. Гипсовый камень измельчается до размера  $0 \div 15$  мм; внутри печи устроены крестообразные продольные полки; время пребывания в печи регулируется подпорной диафрагмой. Газы проходят только внутри печи.

г) Печь Поплавского. Гипсовый камень измельчается тонко до и после обжига, внутри барабана установлены 4 подпорные диафрагмы, время пребывания —  $1,5 \div 2,5$  часа. Газы оmyвают барабан сначала снаружи, затем проходят внутри и снова направляются в топку.

д) Печь Манжурнета. Гипсовый камень, измельченный до муки, проходит через печь за  $12 \div 16$  мин. Печь оmyвается газами снаружи; через печь вентилятором просасывается горячий воздух.

4. **Обжиг во взвешенном состоянии.** Принцип этого способа — обезвоживание гипса в пылевидном состоянии (продолжающееся весьма мало) и сочетание помола с обогревом гипса (газами).

а) Способ Реми-Розина-Бюттнера. Аппарат для обжига состоит из трех вертикальных труб. Измельчающееся в центробежной мельнице сырье подается ею же в эти трубы. Через трубы проходят топочные газы, транспортирующие и обжигающие гипс; крупные частицы из сепаратора возвращаются обратно в мельницу и снова совершают весь цикл. Температура газов у входа —  $800^\circ$ , у выхода —  $130^\circ$ .

б) Способ Гумбольта. Вместо центробежной мельницы применена короткая трубчатая мельница, через которую проходят газы; крупные частицы остаются в мельнице.



в) Способ Козлова. Отсутствует помольная установка, дробление подсушенного материала происходит в нисходящих участках обжиговых труб, в которых для этой цели установлены ножи.

Схемы способов других авторов идентичны описанным.

**Гипсовые вяжущие повышенной прочности**, получаемые обжигом при повышенных температурах, производятся следующими способами.

а) Эштрих-гипс. Двуводный гипс обжигается в шахтной печи при температуре выше  $900^{\circ}$  и до  $1100\div 1200^{\circ}$  и затем измельчается.

б) Цемент Кина, париян-цемент и др. Двуводный гипс обжигается до полного обезвоживания, затем обрабатывается раствором квасцов, вторично длительно прокаливается при температуре  $800\div 1000^{\circ}$  и измельчается. Вместо квасцов в качестве катализатора применяются растворы: буры, сернокислого калия, натрия и т. п.

в) Гипс ЛОР. Дробленый двуводный гипс замачивается в растворе алюмокалиевых квасцов, высушивается, обжигается при температуре  $550\div 575^{\circ}$ , охлаждается и затем измельчается.

г) Ангидритовый цемент (Будникова). Природный ангидрит или двуводный гипс, обожженный при температуре  $600\div 750^{\circ}$ , измельчается в тонкий порошок (остаток на сите  $4\ 900\text{ отв/см}^2$ —менее  $8\%$ ) либо совместно с добавками—катализаторами либо без них. В последнем случае добавки вводятся в виде водного раствора перед приготовлением теста. В качестве катализаторов, оживляющих процесс схватывания и твердения, применяются: бисульфат натрия ( $1\div 1,5\%$ ), кислый сульфат и медный купорос ( $0,7$  и  $0,8\%$ ), доломитовая пыль ( $3\div 5\%$ ), основные гранулированные шлаки ( $15\%$ ) и др. Для облегчения помола природного ангидрита лучше предварительно обжигать его при температуре  $500\div 750^{\circ}$ .

### III. СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСА ОБРАБОТКОЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Обычные способы производства вяжущего (полуводного гипса)—варка в котлах или обжиг в печах—дают вяжущее, обладающее низкой прочностью. Это обусловливается неоднородностью получаемого продукта (наличие в нем всех трех модификаций гипса—двуводной, полуводной и безводной), а также тем, что требуется большое количество воды для затвердения, вследствие чего отливки из гипса содержат много пор и отличаются большой водопоглощаемостью. Все это значительно снижает прочность затвердевшего гипса.

Неоднородность состава продукта является следствием различной температуры в обжигаемом гипсе в связи с разными размерами отдельных кусков гипса и неодинаковыми расстояниями от них до источника тепла. Кроме того, быстрое нагревание и испарение гидратной воды сопровождается измельчением кристаллов

гипса; получающиеся мельчайшие кристаллы приближают обожженный гипс к материалу с аморфной структурой.

Обжиг гипса во взвешенном состоянии не внес в качество гипса каких-либо существенных изменений.

Совершенно другой характер получают явления при дегидратации гипса путем обработки паром под давлением. Отщепление гидратной воды происходит только под действием тепла. Пар под давлением, сообщая гипсу тепло, не дает отщепленной воде целиком и сразу перейти в пар. Кристаллы полуводного гипса имеют возможность образоваться в жидкой фазе. Пар передает тепло гипсу совершенно равномерно как по отдельным частям материала в сосуде (аппарате), так и в самой толще материала. Благодаря этому в процессе пропаривания получается только одна модификация гипса, а именно полуводный гипс с отщепленной водой в жидком виде. Величина давления при пропаривании имеет влияние на форму образующихся кристаллов полуводного гипса. При низком давлении кристаллы получают короткие, толстые, правильной формы. По мере повышения давления кристаллы становятся все более волокнистыми, длинными, иглообразными. Образуется губкообразная масса из длиноволокнистых кристаллов, требующая при затворении для доведения до пластичного состояния большего количества воды, чем масса из коротких несцепленных кристаллов, получаемых пропариванием при низком давлении [19] <sup>1</sup>.

На рис. 1 приведены три кривые, характеризующие влияния повышения давления на свойства получаемого гипса: на водопотреб-

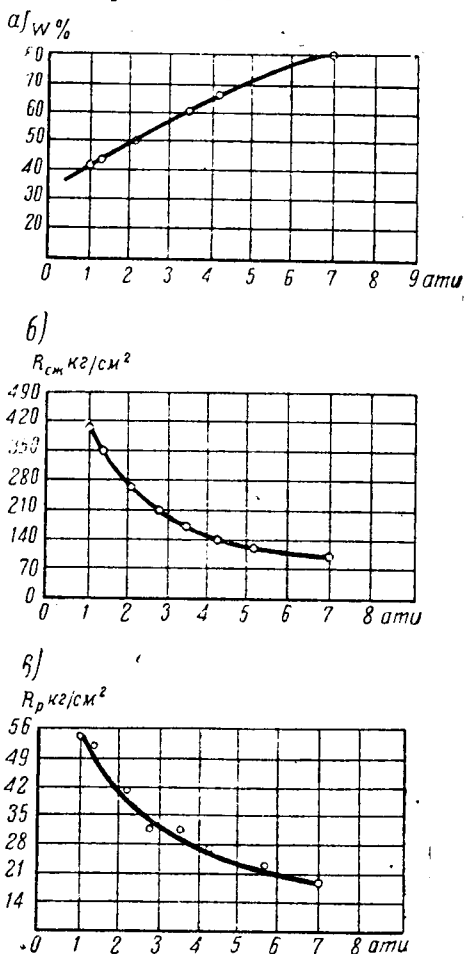


Рис. 1. Влияние давления при пропаривании:

а — нормальная плотность; б — временное сопротивление сжатию; в — временное сопротивление растяжению

<sup>1</sup> В квадратных скобках указывается номер труда в прилагаемом перечне литературы, на который дается ссылка.

ность для получения теста нормальной густоты ( $W\%$ ), временное сопротивление сжатию ( $R_{сж}$ ) и временное сопротивление растяжению ( $R_p$ ).

Температура перехода гипса из двухводной модификации в полуводную находится, как было указано в гл. I, в пределах  $107 \div 165$ , что соответствует избыточному давлению насыщенного пара  $0,4 \div 7$  *ати*. Скорость дегидратации тем ниже, чем ниже температура (и давление). Практически низкая температура, при которой скорость процесса дегидратации представляет производственный интерес, равняется  $120 \div 124^\circ$  (давление пара  $1,2 \div 1,3$  *ати*). Ниже температуры  $107^\circ$  полуводный гипс присоединяет воду.

В процессе пропаривания около 5% гидратной воды (из общего количества 20,9% содержащейся в двухводном гипсе, т. е. примерно одна четверть) уходит с конденсатом пара<sup>1</sup>. Вторая часть процесса, следовательно, заключается в удалении оставшейся отщепленной воды. Эту часть процесса разные исследователи осуществляют по-разному:

1. Якшаров<sup>2</sup> [10] ведет процесс пропаривания при высоком давлении (8 *ати*) и удаляет отщепленную воду за счет аккумулированного в гипсе тепла и получает гипс только пропариванием. Невысокая прочность гипса при этом способе объясняется: а) наличием кроме полуводной модификации и двухводной, образующейся вследствие охлаждения гипса при испарении воды (резкое парообразование воды, бывшей под давлением, при снятии такового и большое поглощение тепла при парообразовании<sup>3</sup>; б) большой водопотребностью для составления теста нормальной густоты, что обуславливается структурой гипса, полученного пропариванием при высоком давлении, которое необходимо при этом способе для аккумуляции тепла в гипсе<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Рандель и Дейлей указывают, что количество свободной воды после пропаривания составляет  $10 \div 15\%$ . М. Н. Либерман [13], установив потерю в весе гипса за время пропаривания и выпуска пара  $6 \div 8\%$ .

<sup>2</sup> Волженский и Кордонская [11], а также Гецелев [11] повторили работу Якшарова и также проводили пропаривание при разных давлениях.

<sup>3</sup> Указанием на происходящую обратную гидратацию пропаренного, но невысушенного гипсового камня является большая его твердость по сравнению с пропаренным и высушенным камнем. Это же доказывает петрографическое исследование образцов автоклавного невысушенного гипса, произведенное проф. Четвериковым. «Непосредственно по выходе из автоклава образец состоит из игол полуhydrата, окруженных пленкой воды. Через 15 мин. лежания на воздухе при  $T = 15^\circ$  иглы полуhydrата постепенно группируются в агрегаты, окруженные пленкой воды. С дальнейшей потерей воды от высыхания эти образования приобретают показатель преломления  $1,528 - 1,530$ , характерный для двуhydrата. Через 24 часа лежания на воздухе образец в основном состоит из кристаллов гидрата неправильной формы» (Отчет Разоренова [16]).

<sup>4</sup> Либерман М. Н. показал, что при пропаривании под давлением  $1,2 \div 1,3$  *ати* аккумулированного тепла недостаточно для исправления воды. Произведя расчет на 1 кг гипса, он определил, что при охлаждении испарится только около 30% подлежащей удалению воды. Кроме того, не все тепло пойдет на испарение, так как ниже  $100^\circ$  тепло в основном будет теряться через радиацию, теплопроводность и конвекцию. Волженский и Кордонская, производя пропаривание при давлении  $3 \div 4$  *ати*, получали гипс низкого качества с содержанием гидратной воды  $20 \div 10\%$ ; с повышением давления процент гидратной воды понижается.

2. Рандель и Дейлей [9] в последних работах и Маккенль ведут процесс при низком давлении ( $1,2 \div 1,3$  атм) и удаляют отщепленную воду в ротационной (барабанной) сушилке при температуре  $120^\circ$ . Гипс, получаемый по этому способу, обладает довольно высокими механическими качествами (временное сопротивление сжатию  $175 \div 445$  кг/см<sup>2</sup>) и водопотребностью для нормальной густоты менее 50%, однако этот способ имеет следующие технологические недостатки: а) частичное охлаждение гипса при транспортировании его от сосуда (аппарата), в котором производится пропаривание, к сушилке; б) неравномерность дегидратации различных по величине кусков и пыли гипса, измельчающегося при пересыпании в сушилку во время длительного высушивания ( $2,5 \div 3$  часа); в) унос пыли из сушилки теплоносителем.

3. Передерий [12] ведет пропаривание по параметрам Ранделя и Дейлея, но он заменил ротационную сушилку конвейерной и сохраняет пропаренный гипс перед высушиванием в открытом бункере, причем происходит значительное понижение ( $15 \div 45^\circ$ ) температуры гипса и сушка его производится при низких температурах ( $60 \div 90^\circ$ ). Качества получаемого гипса ниже, чем при способе Ранделя и Дейлея; технологические недостатки: а) примесь двухводного гипса<sup>1</sup>, б) совершенно не оправданное допущение теплотехнических потерь от охлаждения и в) резко удлиненная продолжительность высушивания<sup>2</sup>.

4. Гулинова, Либерман и Разоренов не применяли специальных способов сушки и производили высушивание в сушильном шкафу, в остывающей печи и т. п. Способов промышленной сушки они не предложили.

Как Рандель и Дейлей, так и советские исследователи указывают на недопустимость понижения температуры гипса после пропаривания.

Это обстоятельство и учитывается в способе производства высокопрочного гипса, предложенном Садовским и Шкляром и заключающемся в пропаривании гипса и удалении отщепившейся воды в одном сосуде — демпфере (пропарнике).

<sup>1</sup> Разоренов А. С. [16] указывает, что в порах материала остается часть свободной воды, которая по охлаждению гипса снова вступает во взаимодействие с полугидратом и переводит его обратно в двухводный гипс. Затем длительный разрыв во времени между запаркой и сушкой автоплавного гипса, сопровождающийся охлаждением его до  $T = 10 \div 20^\circ$ , ухудшает качество продукта, так как при одинаковом с неохлажденным гипсом режиме сушки материал содержит повышенное количество гидратной воды и обладает быстрыми сроками схватывания.

<sup>2</sup> По Передерию — 6 час. Однако ошибки Передерия не только в этом. Они заключаются и в неправильном истолковании стадий процесса: Передерий ошибочно считает: 1) что перекристаллизация гипса происходит во время сушки; 2) что основное количество отщепившейся воды удаляется при остывании гипса и сохранение температуры до сушки является излишним расходом тепла; 3) что после остывания гипс состоит из двух модификаций — «безводного растворимого ангидрита» и двухводного гипса, «излишняя» вода которого при последующем нагревании гидратирует растворимый ангидрид (см. Передерий И. А., «Проект завода высокопрочного гипса Г. П.»).

Таким образом Передерием сводятся на нет основы высокопрочного гипса — мономинеральность и перекристаллизованная структура полуводного гипса.

Стадии процесса следующие:

1. Приготовление щебня из гипсового камня размером  $15 \div 50$  мм.

2. Загрузка щебня в демпфер.

3. Подогревание щебня до  $T = 60^\circ$ , продолжительность—0,5 часа.

4. Пропаривание щебня насыщенным паром под давлением  $1,2 \div 1,3$  ати ( $T = 122,6 \div 124^\circ$ ), продолжительность—6—8 час.

5. Продувание пропаренного щебня перегретым паром при  $T = 160 \div 165^\circ$ , продолжительность—0,5 часа.

6. Продувание (высушивание) горячим воздухом при  $T = 160 \div 165^\circ$ , продолжительность—2—3 часа.

7. Разгрузка демпфера.

8. Помол сухого продукта до тонкости, при которой продукт проходит через сито № 30 ( $900 \text{ отв/см}^2$ ) без остатка.

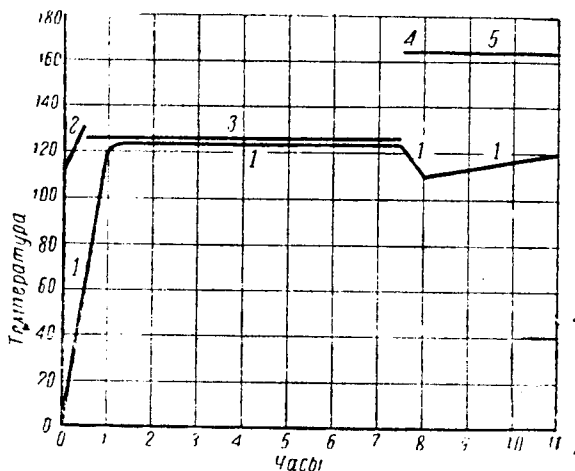


Рис. 2. Кривая температур в демпфере:

1 — гипс; 2 — перепускаемая газовая смесь; 3 — насыщенный пар; 4 — перегретый пар  
5 — горячая газовая смесь

На рис. 2 дана кривая температур в демпфере в разные часы процесса.

Подогревание гипсового щебня имеет целью уменьшить конденсацию насыщенного пара при его впуске и тем уменьшить его расход.

Подогревание производится только до  $T = 60^\circ$  из соображений недопустимости удаления гидратной воды до пропаривания; для подогревания используется отходящая от другого демпфера газовая смесь и пар из конденсатных сборников (конденсат, находящийся под давлением, при соединении с демпфером, не находящимся под давлением, испаряется).

Давление при пропаривании в  $1,2 \div 1,3$  ати дало наилучшие результаты. Время пропаривания зависит от структуры и плотности гипсового камня — сырья. Основные процессы (отщепление гид-

ратной воды и перекристаллизация) происходят в течение  $3 \div 4$  час., поэтому достаточно продолжительность пропаривания в  $5 \div 6$  час.; гипсы большой плотности потребуют несколько большей продолжительности —  $6 \div 7$  час.

Перегретый пар, который вводится еще при наличии давления, испаряет воду и компенсирует затрату тепла на испарение отщепленной воды, благодаря чему давление снижается без снижения температуры. Одновременно перегретый пар при продувании уделяет часть отщепленной воды.

Температура высушивания  $160 \div 165^\circ$  является оптимальной, так как при этой температуре высушивание требует минимального времени и протекает без образования вполне обезвоженного гипса<sup>1</sup>. Продолжительность продувания горячим воздухом (или очищенной от уносов смесью дымовых газов и воздуха) принята равной  $2 \div 3$  часа из соображений необходимости менее интенсивного высушивания. Увеличение продолжительности высушивания выше  $2 \div 3$  час. может влиять отрицательно, так как возможно частичное обезвоживание полугидрата.

Как видно из описания, этот способ производства гипса использует отходящее тепло конденсата и воздуха; кроме того, при нем не происходит образования пыли (так как гипс при высушивании неподвижен) и отпадает необходимость в последующем ее обезвоживании.

Демпфер для пропаривания и высушивания гипса представляет вертикальный металлический замкнутый цилиндр с затворами для загрузки и разгрузки (рис. 3 и 4). Верхний затвор 1 — простой, на бугеле со скобой. Нижний затвор 4 — шарнирный, с резиновым затвором Дауценберга; он позволяет весьма быстро и без затраты труда разгрузить демпфер и легко закрывается. При загрузке материал распределяется по демпферу подвесным конусом — распределителем 3 равномерно по крупности. Пар к демпферу подводится в нескольких местах; он поступает в вертикальный стояк 9, передающий пар горизонтальным кольцам 10, по которым через штуцеры, вваренные в демпфер, пар поступает в последний. Открывая соответствующий вентиль на гребенке от магистрали к стояку, в демпфер направляют насыщенный или перегретый пар. Внутри демпфера в нижней части установлено обезвоживающее сито 8, имеющее форму опрокинутого усеченного конуса; дно сита открывается вместе с крышкой нижнего затвора; сито позволяет стекать конденсату и равномерно отзодить воздух при продувании. Отвод конденсата производится через трубку 14, помещенную в гнезде нижнего затвора. Воздух подводится и отводится через штуцеры 11, 12, 13, помещенные в верхнем днище и в нижней ко-

<sup>1</sup> П. П. Будников — «Гипс и его исследование» [1], стр. 110—115.

А. С. Разоренов, производивший сушку в горне, дает следующие указания о продолжительности сушки:

$100 \div 145^\circ$  — сушка замедлена, продолжительность  $12 \div 17$  час.,

$150 \div 155^\circ$  — «интенсивна» »  $6,5 \div 7$  час.

$155 \div 165^\circ$  — сушка может быть закончена за  $5 \div 5,5$  часа, но продукт ухудшается вследствие появления в нем ангидрита.

нической части. При демпфере имеется бачок — сборник, в который отводится конденсат при пропаривании; из него в демпфер поступает пар при подогревании гипса.

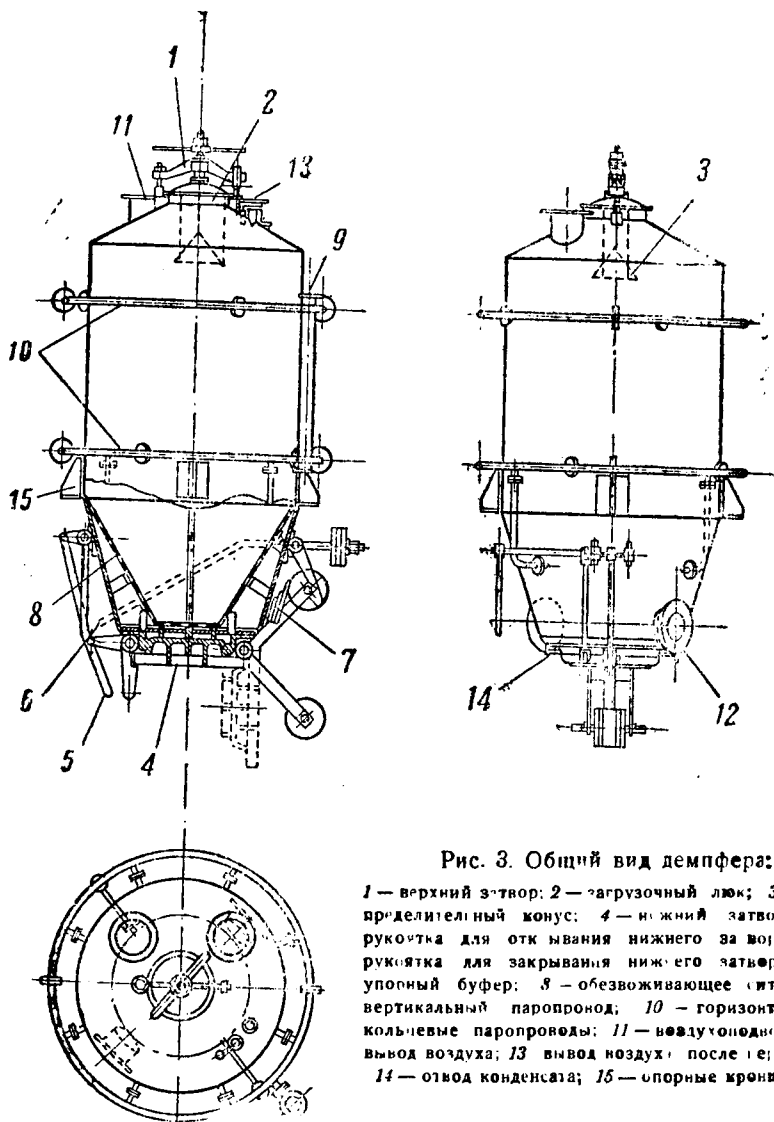


Рис. 3. Общий вид демпфера:

1 — верхний затвор; 2 — загрузочный люк; 3 — распределительный конус; 4 — нижний затвор; 5 — рукоятка для открывания нижнего затвора; 6 — рукоятка для закрывания нижнего затвора; 7 — упорный буфер; 8 — обезвоживающее сито; 9 — вертикальный паропровод; 10 — горизонтальные кольцевые паропроводы; 11 — воздухоподъемник; 12 — вывод воздуха; 13 — вывод воздуха после теплоспуска; 14 — отвод конденсата; 15 — опорные кронштейны

На верхнем днище демпфера располагаются измерительные приборы: манометр, термометр и термопара. Наружная поверхность демпфера, коммуникаций и сборника покрывается теплоизоляцией для обеспечения равномерности температуры в демпфере и уменьшения потерь тепла.

Демпферы объединяются в компактные батареи числом 4, 6 и больше штук (число зависит от требуемой производительности за-

вода), что увеличивает эффективность предприятия — в отношении размера первоначальных затрат, а также расхода рабочей силы, топлива и энергии. Законченный же процесс происходит в каждом демпфере по циклической схеме (рис. 5).

Цикличность дает непрерывную работу сушильного агрегата (подтопка, вентилятора), облегчает регулирование температуры воздуха, уменьшает расход топлива и электроэнергии и выравнивает весьма неравномерный по времени расход пара.

Увеличение количества демпферов в цикле еще более эффективно в эксплуатационном отношении и уменьшает мощность парового хозяйства, приходящуюся на 1 т продукции. Эффективность установки тем больше, чем меньше продолжительность эксплуатационных операций.

Общая схема технологического процесса по стадиям представлена на рис. 6.

Колебания в размерах щебня, загружаемого в демпфер, должны быть небольшие — 15÷50 мм (в пределах эксплуатационной возможности и рентабельности), что уменьшает различия в условиях удаления отщепившейся воды из крупных и мелких кусков. Мелкий щебень размером меньше 15 мм, удаляемый после дробления грохочением, используется в растворах для штукатурок, как заполнитель в бетон, а также для подсобного производства обычного варочного гипса. Куски размером больше 50 мм после грохочения возвращаются в дробилку.

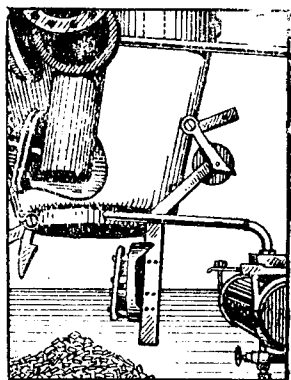


Рис. 4. Нижняя часть демпфера

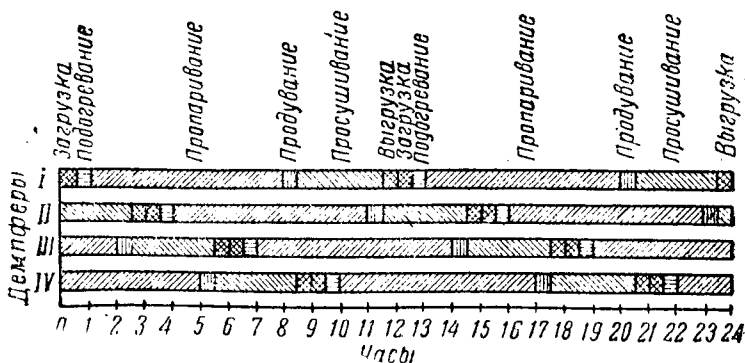


Рис. 5. График циклической работы при четырех демпферах

Путь транспортирования готового щебня должен быть возможно более коротким во избежание образования пыли и мелочи; что и выполняется при вертикальном решении завода.





Подогревание загруженного в демпфер гипсового щебня производится перепуском смеси, отходящей после сушки гипса. Рециркулируемая в этот период смесь имеет температуру ниже, чем в остальное время; надлежащая температура горячей газовой смеси в этот период поддерживается путем форсирования подтопка, что легко достигается, так как в этот период нет расхода тепла на перегрев пара.

Часть смеси, направляемой на выброс, может быть использована для обогрева помещений, воды и т. п.

Пароперегреватель размещается либо в борове парового котла, либо в газоходе подтопка. Это зависит от конструкции котла и температуры его дымовых газов.

К складу готовой продукции должны быть предъявлены такие же требования, как и к складам цемента, в частности защита от грунтовой и атмосферной влаги. Целесообразно устраивать пол склада на уровне пола автомашин и вагонов.

По испытаниям, произведенным Разореновым, выдерживание гипса после изготовления влияет положительно на качества гипса: уменьшается водопотребность для получения нормальной густоты гипсового теста и соответственно растет прочность. Рекомендуемый срок выдерживания гипса — в пределах 15÷30 дней.

Описанный демпферный способ производства дает продукт (демпферный гипс) высокой прочности, в несколько раз превышающей прочность обычного гипса и приближающейся к прочности обычного портландцемента. Демпферный гипс уступает цементу в отношении водостойчивости, но имеет преимущество перед цементом в скорости твердения и возможности выполнения работ зимой без утепления; кроме того, изделия из него не требуют сушки. От других способов производства гипсовых вяжущих демпферный способ отличают следующие преимущества:

1) Однородность (мономинеральность) состава продукта<sup>1</sup>: нет охлаждений в процессе, нет образования и обезвоживания пыли (гипс при высушивании неподвижен).

2) Нет уноса пыли.

3) Малый расход топлива: потери тепла в среду только в одном аппарате, повторное технологическое использование воздуха и конденсата.

4) Нет движущихся механизмов, движение гипса происходит только под действием собственного веса.

5) Малая энерго- и трудоемкость, компактность установки, отсутствие тяжелой физической работы.

6) Легкость помола высушенного пропаренного гипса.

7) Малая стоимость первоначальных затрат, простота оборудования, простота и быстрота сооружения заводов.

8) Низкая стоимость продукции.

---

<sup>1</sup> Даже включения в гипсе природного ангидрита превращаются при пропаривании в полуводный гипс.

#### IV. ПРОЕКТЫ ЗАВОДОВ

В этой главе дается описание проекта завода на 4 демпфера для производства высокопрочного демпферного гипса. Завод состоит из следующих отделений: 1) склада сырья, 2) дробильного отделения, 3) демпферного и помольного отделения, 4) склада готовой продукции, 5) котельно-теплового отделения.

Типовыми элементами завода являются дробильное и демпферное отделения, а также тепловая часть котельной, в которой получается горячая газовая смесь. Решение котельной в целом и складов сырья и продукции зависит от местных условий площадки строительного завода: возможности использования действующего парового хозяйства, складских помещений, наличия котлов.

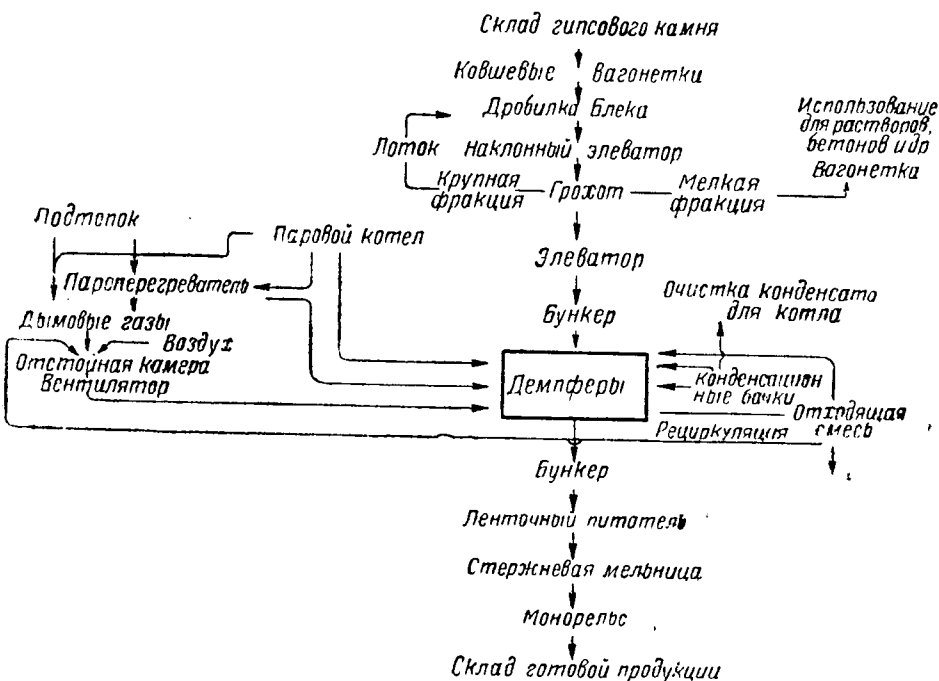


Рис. 7. Схема технологического процесса по оборудованию

Дробильное, демпферно-помольное и котельно-тепловое отделения расположены вместе, составляя в плане одно здание, но различаются между собой в конструктивном отношении. При таком решении получаются минимальные расстояния для транспортировки полуфабриката и подачи пара, горячей газовой смеси, рециркуляции отходящей смеси (см. схему технологического процесса, рис. 7).

Склад гипсового камня располагается на чистой утрамбованной площадке (рекомендуется в площадку втрамбовать гипсовый

щебень); между штабелями укладываются пути для подачи вагонок гипсового камня к дробильному отделению.

Оборудование дробильного и демпферного отделения (рис. 8 и 9) состоит из дробилки Блека 1, наклонного элеватора 2, точки 3 и барабанного грохота 4. Гипсовый камень из вагонетки сваливается у дробилки, которая загружается вручную; для удобства загрузочное отверстие дробилки расположено на уровне пола. Крупные куски из грохота поступают в дробилку по наклонному лотку — течке 5, мелочь (меньше 15 мм) собирается в воронке 7, нагружается в вагонетку и вывозится. Щебень для дальнейшей обработки (размером 15÷50 мм) из воронки 6 по течке 8 поступает в вертикальный элеватор 9. В случае установки вместо элеватора 9 скипового подъемника на конце течки 8 устанавливается секторный затвор.

Элеватором 9 (или скиповым подъемником) гипсовый щебень подается по течке 10 на ленточный транспортер 11, распределяющий щебень в бункеры 12 над демпферами.

Верхние бункеры имеют разгрузочные воронки с затворами 13 над каждым демпфером<sup>1</sup>. Во избежание расслоения щебня по крупности при ссыпании в бункер, связи между противоположными стенками выполнены из угольников, поставленных углом в верх. Под бункерами 13 помещаются демпферы 14, а под ними — нижний бункер 16.

При описанной компоновке демпферно-помольного отделения достигаются следующие удобства:

1) Загрузка и разгрузка демпфера требуют минимального времени.

2) При транспортировке щебня до загрузки в демпфер происходит в минимальной степени измельчение его и образование пыли.

3) Сырье, гипсовый щебень и готовый продукт движутся сверху вниз под действием силы тяжести.

4) Расстояния между демпферами получаются минимальными, что дает возможность уменьшить и упростить коммуникации, а также бункеры и несущие конструкции.

Коммуникации демпфера состоят из трубопроводов: для насыщенного пара 21, для перегретого пара 23, для горячей газовой смеси 34, для отходящей смеси 41, для отходящей смеси после перепуска для подогрева 39, для отвода конденсата из демпфера 26 и из паропроводящего стояка 28 в конденсатный сборник 15, для перепуска конденсата между сборниками 30 и для отвода конденсата 32.

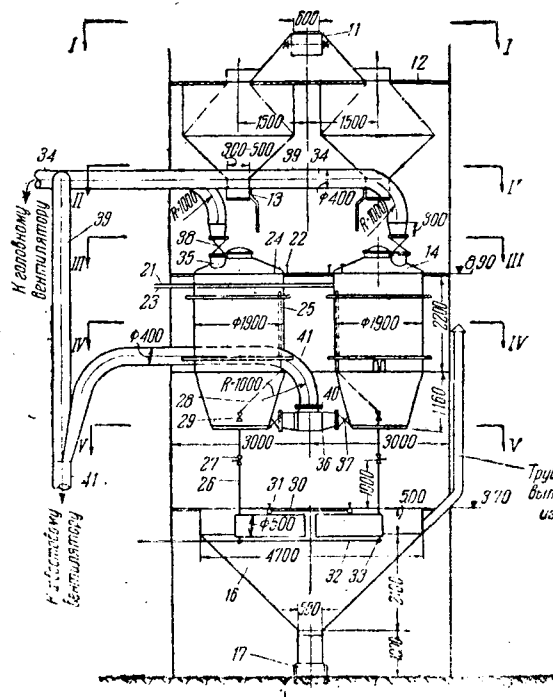
Конденсатные сборники размещены ниже перекрытия в свободном пространстве нижнего бункера.

Нижний затвор демпфера закрыт брезентовым фартуком, соединенным с загрузочными отверстиями в нижнем бункере с целью устранения пыления.

<sup>1</sup> Вместо четырех верхних бункеров можно устроить один общий бункер для всех демпферов с разгрузочными воронками над каждым демпфером. В этом случае отпадает необходимость в транспортере 11, но увеличивается измельчение и расслоение щебня.



Разрез по 8-9



Разрез по 10-11

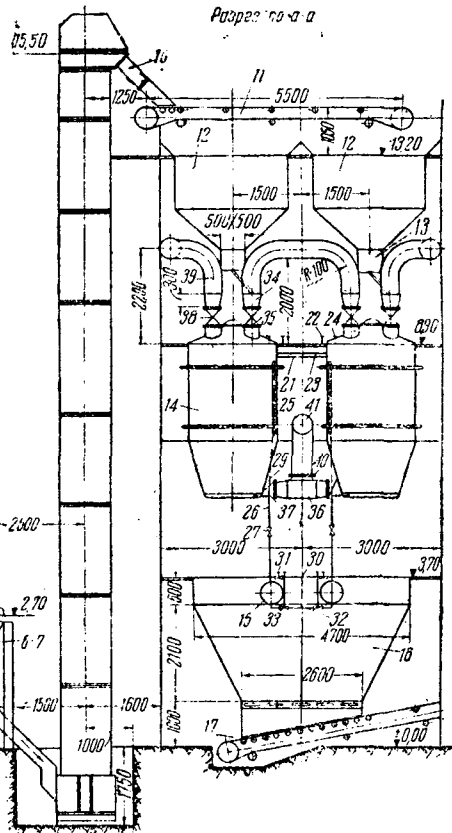


Рис. 9. Схема дробильного и демпферного отделения завода на 4 демпфера. Разрезы.

№ поз.	Оборудование	Количество	Примечание
1	Дробилка Блека . . . . .	1	Щ-5 400×230 мм
2	Элеватор № 1 наклонный . . . . .	1	B-200 мм, H—8 м
3	Течка от элеватора № 1 к грохоту . . . . .	1	B-300 мм
4	Грохот барабанный . . . . .	1	ССМ-108-A
5	Течка от грохота к дробилке . . . . .	1	b—300 мм
6	Воронка № 1 для щебня фракции 15—50 мм . . . . .	1	V=1 м³
7	№ 2 . . . . . 15 мм	1	V=1 м³ с шибером
8	Течка от воронки № 1 к элеватору № 2 . . . . .	1	B—300 мм
9	Элеватор № 2 вертикальный . . . . .	1	Э-200-3, H—16,4 м
10	Течка от элеватора № 2 к транспортеру № 1 . . . . .	1	B—300 мм
11	Транспортер № 1 ленточный . . . . .	1	B—600 мм, l=5,5 м
12	Бункер нижний . . . . .	1	U <sub>пол</sub> =700 м³
13	Затворы секторные . . . . .	4	500×500 мм, черт. № 544 Тип 2 V=7,0 м³, черт. № 3+
14	Демпферы . . . . .	4	+2/511
15	Сборники конденсатные . . . . .	4	Ø 500 мм, l=1 500 м
16	Бункер верхний . . . . .	1	
17	Транспортер № 2 ленточный наклонный . . . . .	1	B=600 мм, l=5 м
<b>Коммуникации</b>			
21	Трубопровод для насыщенного пара . . . . .	—	Ø 4", Трубы ОСТ 509 В
22	Вентилятор для впуска насыщенного пара в демпфер . . . . .	4	Ø 2"
23	Трубопровод для перегретого пара . . . . .	—	Ø 2". Трубы ОСТ 509 В
24	Вентилятор для впуска перегретого пара в демпфер . . . . .	4	Ø 2"
25	Стояк паропровода демпфера . . . . .	4	Ø 2". Трубы ОСТ 509 В
26	Трубопровод для отвода конденсата из демпфера . . . . .	4	Ø 1 1/2"
27	Вентиль для выпуска конденсата из демпфера . . . . .	4	Ø 1 1/2"
28	Трубопровод для отвода конденсата из стояка . . . . .	4	Ø 1 1/2". Трубы ОСТ 509 В
29	Вентиль для выпуска конденсата из стояка . . . . .	4	Ø 1 1/2"
30	Трубопровод для перепуска конденсата между сборниками . . . . .	—	Ø 1 1/8". Трубы ОСТ 509 В
31	Вентиль для перепуска конденсата . . . . .	4	Ø 1 1/8". Трубы ОСТ 509 В
32	Трубопровод для отвода конденсата . . . . .	—	Ø 1 1/8". Трубы ОСТ 509 В
33	Вентиль для сброса конденсата из сборника . . . . .	4	Ø 1 1/2"
34	Трубопровод для подачи горячей газовой смеси в демпфер . . . . .	—	400 мм
35	Задвижка . . . . .	4	Ø 300 мм Лудло
36	Трубопровод для перепуска отходящего воздуха . . . . .	—	400×400 мм
37	Задвижка . . . . .	4	Ø 300 мм Лудло
38	Задвижка для выпуска . . . . .	4	Ø 300 мм Лудло
39	Трубопровод для отходящей смеси после перепуска для подогрева (на рециркуляции) . . . . .	—	Ø 400 мм из листового железа δ=2 мм
40	Шибер . . . . .	1	Ø 400 мм из листового железа δ=3 мм
41	Трубопровод для отходящей смеси на рециркуляции . . . . .	—	Ø 400 мм из листового железа δ=2 мм

Примечания: 1. Все отводы воздухопроводов выполняются с закруглением по радиусу, равным 2,5 диаметра воздуховода ( $R=2,5$ ,  $D=1\ 000$  мм).

2. Все теплоизлучающие поверхности (демпферы, конденсатные сборники, паропроводы, трубопроводы конденсата и воздухопроводы) изолируются.

в следующем порядке:

1) Через нижний затвор проверяется чистота обезвоживающих сит и всего демпфера. Рукояткой (6—рис. 3) закрывается нижний затвор и стопорится рукоятка 5. В загрузочную горловину подвешивается распределительный конус 3 и вставляется загрузочная воронка. Затем открывается затвор (13—рис. 9) верхнего бункера 12, и демпфер 14 заполняется щебнем. Перед окончанием загрузки распределительный конус вынимается из демпфера и загрузка прекращается; образующийся конус щебня в верхней части разравнивать нельзя. Закрывается верхний затвор демпфера (1—рис. 3).

2) Открываются задвижки 37 и 38 и из другого демпфера перепускается отходящая газовая смесь для подогрева. Через  $20 \div 25$  мин. после начала подогрева подается вода в резиновый шланг нижнего затвора, закрываются задвижки 37 и 38, открывается шибер 40, открываются вентили 27 и 31 для перепуска конденсата между сборниками и демпфер заполняется паром от испарения конденсата.

3) Закрываются вентили 31 для перепуска конденсата, открывается вентиль 22 для впуска насыщенного пара, давление поднимается до  $1,2 \div 1,3$  атм и начинается пропаривание. При этом конденсат должен все время отводиться в сборник 15, для чего должен быть открыт вентиль 27; выпуск конденсата прерывается на весьма короткое время, необходимое для отключения сборника при сбросе или перепуске конденсата. Периодически через  $0,5 \div 1$  час открывается вентиль 29 для отвода конденсата из стояка в сборник. Конденсат начального периода пропаривания сбрасывается, так как содержит отмытую грязь гипса.

Наблюдение и регулирование количества поступающего в демпфер насыщенного пара должны быть непрерывны, так как соблюдение давления обязательно, а эндотермия меняется в зависимости от хода реакции, теплоотдач, отвода конденсата.

4) Последовательно и постепенно: открывается вентиль 24 для впуска перегретого пара, закрывается вентиль 22 для впуска насыщенного пара, открывается вентиль 33 сброса конденсата из сборника, и демпфер продувается перегретым паром; давление постепенно снижается.

5) Закрывается вентиль 24 для впуска перегретого пара, закрывается вентиль 27 от демпфера к сборнику (до полного падения давления в сборнике, затем снова открывается), частично открывается задвижка 38 для отвода пара. Давление в демпфере быстро падает; как только оно становится равным напору вентилятора ( $0,15 \div 0,25$  атм), закрывается задвижка 38, открываются задвижки 37 и 35, начинается продувание (высушивание) горячей газовой смесью. Через  $1 \div 1,5$  часа после начала высушивания снижается давление в резиновом шланге нижнего затвора, закрывается вентиль 33 сборника и в него перепускается конденсат из сборников других демпферов (накапливается для будущего подогрева).



6) Закрываются задвижки 35 и 37, открывается верхний затвор демпфера рукоятка 5 (см. рис. 3) снимается со стопора, открывается нижний затвор демпфера, и сухой продукт — щебень полуводного гипса разгружается (выпадает) из демпфера в нижний бункер.

Нижний бункер 16—общий для всех демпферов—имеет продольную разгрузочную щель. Вес материала, находящегося в бункере, воспринимают промежуточные поперечные наклонные стенки (склизы). Нижний бункер снабжается вытяжными трубами для отвода пара, образующегося при охлаждении выгруженного из демпфера гипса.

Нижний бункер разгружается при помощи ленточного транспортера 17, дозирующего поступление материала в мельницу. При заводе большой мощности (с числом демпферов более четырех) ленточный питатель устраивается реверсивного действия и может питать либо мельницу (при движении ленты в одну сторону), либо дезинтегратор (при движении ленты в другую сторону). Мельница может быть расположена и непосредственно под нижним бункером. В описываемом проекте мельница вынесена в отдельное помещение, для чего ленточный транспортер удлинён и установлен наклонно.

Помол производится на стержневой мельнице (рис. 10), которая целесообразна для помола материалов средней твердости.

Стержневая мельница состоит из цилиндрического барабана 2, выложенного внутри легкой броней (которая работает на износ), и имеющего перегородку с прорезами для перехода материала из одной камеры в другую. В переднюю торцевую стенку входит течка 28 для загрузки материала, готовый продукт высыпается через кольцевую щель в задней торцевой стенке. Первая камера заполняется стержнями диаметром  $60 \div 80$  мм, вторая—диаметром  $35 \div 45$  мм. Диаметр и количество стержней влияют на тонкость помола и производительность мельницы, зависящую также и от твердости материала. Высота заполнения мельницы ( $0,3 \div 0,4$  диаметра) определяется требуемой производительностью. Стержневая мельница отличается равномерностью помола и не требует последующего сепарирования. Она выгодно отличается от шаровой мельницы большой производительностью, малой потребляемой мощностью, а также малым весом и габаритами.

Молотковые мельницы и дезинтегратор не дают необходимой тонкости помола, и продукт помола получается весьма неоднородным; поэтому они могут применяться только при помоле гипса для неотвественных изделий — стеновых блоков, перегородочных плит и т. п.

Готовый продукт после помола может транспортироваться в склад различными способами: в ковшах по монорельсу, ковшевыми вагонетками, ленточными транспортерами, пневматическим транспортом.

Монорельс, при простоте устройства, позволяет поднять ковш из приемки у мельницы на отметку пола склада (+1,20), затем путем горизонтальной транспортировки доставить в любое место

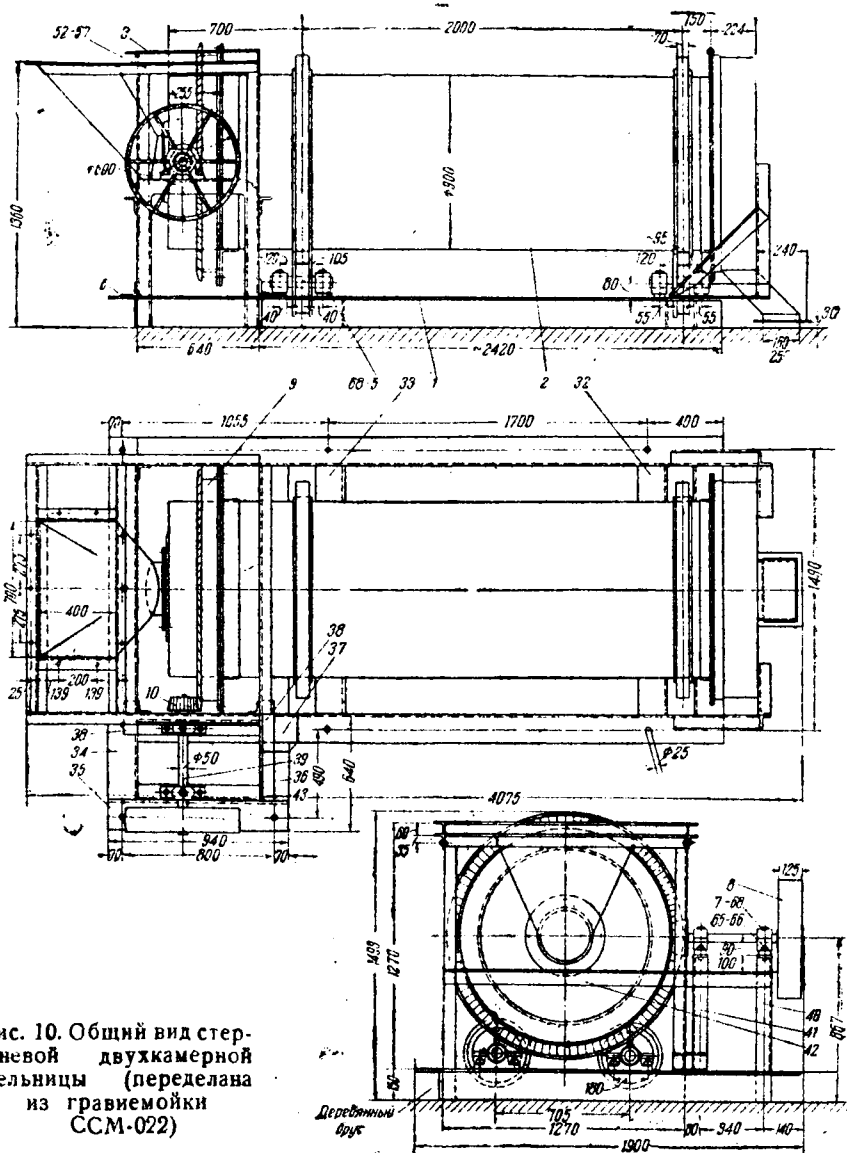


Рис. 10. Общий вид стержневой двухкамерной мельницы (переделана из гравимейки ССМ-022)

**СПЕЦИФИКАЦИЯ ДВУХКАМЕРНОЙ МЕЛЬНИЦЫ (к рис. 10)**

№ поз.	Наименование	Количество	Материал	Вес		№ черт. или ОСТ	Примечания
				1 шт.	общ.		
1	Рама из уголка 150×150×16 . . . . .	1	Ст. 3	312	312	—	Гравируемая 5—7 м <sup>2</sup> ССМ-022 То же
2	Барaban . . . . .	1	Ст. 3	475	475	—	
3	Каркас . . . . .	1	Ст. 3	86	86	—	
4	Обод Ø 1100, b=70 . . . . .	2	ч. л-2	125	250	—	
5	Подшипник . . . . .	8	ч. л-2	4,1	32,8	—	" "
6	Ролик . . . . .	4	ч. л-2	30	120	—	
7	Подшипник с вкладышами . . . . .	2	ч. л-2	7,4	14,0	—	
8	Шкив 600×125 . . . . .	1	ч. л-2	25	25	—	
9	Шестерня коническая Z=112, M-11 . . . . .	1	ч. л-2	108	108	—	Деталь бетоно- мешалки 375 ССМ-30
10	То же, Z=14, M-11 . . . . .	1	ч. л-2	7	7	—	
11	Плита футеровочная 1335×211×60 . . . . .	13	ст. мар.	22	286	—	
12	То же, 1400×211×10 . . . . .	13	"	23,1	300,3	—	
13	Сегмент футеровочный 197 65×290×10 . . . . .	13	"	3	39	—	" "
14	То же 147,62×293×10 . . . . .	13	"	2,75	25,8	—	
15	Сито Ø 852, δ=12 . . . . .	1	"	39	39	—	
16	Кольцо предохран., нар. diam.—780, сеч. 12×12 . . . . .	1	Ст.-4	2,8	2,8	—	
17	Кольцо Ø 852, сеч. 5×50 . . . . .	1	Ст.-4	5,8	5,8	—	" "
18	Обод внутр. из 65×55×10 . . . . .	1	Ст.-4	32,8	32,8	—	
19	Кольцо внутр. Ø 230 из 50×40×8 . . . . .	4	Ст.-4	5,59	25,2	—	
20	Стержни Ø 50, l=1350 . . . . .	50	Ст.-5	30	900	—	
21	Стержни Ø 40, l=1350 . . . . .	10	Ст.-5	13,2	925	—	" "
22	Обод наружный, 60×60×6, Ø вн. 900 . . . . .	1	Ст.-3	19,66	19,96	—	
23	Крышка торцевая Ø 1080, δ=4 . . . . .	1	Ст.-3	47	47	—	
24	Кольцо уплотнительное diam. нар. 1180; сеч. 7×75 . . . . .	1	Ст.-3	14,2	14,2	—	
25	Обод из 40×40×6, diam. вн. 1100 . . . . .	1	Ст.-3	16	16	—	" "
26	Обечайка diam. нар. 1100 сеч. 216×4 . . . . .	1	Ст.-3	23,5	23,5	—	
27	Фронтальной лист Ø 1092; δ=4 . . . . .	1	Ст.-3	29,2	29,2	—	
28	Течка из 4-мм стальн. листа . . . . .	1	Ст.-3	15	15	—	
29	Кронштейн из 75×75×8 . . . . .	1	Ст.-3	21,8	21,8	—	Для поз. 6 и 10
30	Шпонка опорного ролика сеч. 15×15 . . . . .	5	Ст.-3	0,01	0,05	—	
31	Ось опоры ролика . . . . .	4	Ст.-4	5,8	23,2	—	
32	Уголок 150×150×16, l=1270 . . . . .	1	Ст.-3	58	58	—	
33	То же, . . . . .	1	Ст.-3	58	58	—	Дыры для под- шипника овальные
34	То же, l=1910 . . . . .	1	Ст.-3	87,5	87,5	—	
35	То же, l=940 . . . . .	1	Ст.-3	43	43	—	
36	То же, l=340 . . . . .	1	Ст.-3	15,5	15,5	—	
37	Косынка 210×210×10 . . . . .	1	Ст.-3	2,45	3,15	—	
38	Уголок 75×75×8, l=175 . . . . .	2	Ст.-3	2	4	—	
39	Ось Ø 50 привода . . . . .	1	Ст.-3	15,5	15,5	—	
40	Стойки из 75×75×8 . . . . .	1	Ст.-3	25,7	45,7	—	
41	То же . . . . .	1	Ст.-3	21,8	21,8	—	
42	Уголок 75×75×8, l=1725 . . . . .	1	Ст.-3	19,9	19,9	—	
43	То же, l=515 . . . . .	1	Ст.-3	5,9	5,9	—	
44	Вкладыш Ø 500 274, δ=7 . . . . .	1	Ст.-3	7,5	7,5	—	
45	Кольцо сеч. 7×40, diam. нар. 540 . . . . .	1	Ст.-3	3,42	3,42	—	
46	Кольцо уплотнительное diam. нар. 410, сеч. 7×65 . . . . .	1	Ст.-3	3,9	3,9	—	

№ поз.	Наименование	Количество	Материал	Вес		№ черт. или ОСТ	Примечания
				1 шт.	общ.		
47	Кольцо диам. нар. 410, сеч. 26×8.	1	Ст.-3	5	5	—	Уточнить по каркасу
48	Кольцо диам. вн. 258, L 20×20×4	1	Ст.-3	0,9	0,9	—	
49	Кольцо воронки d=4 . . . . .	1	Ст.-3	1,7	1,7	—	
50	Воронка . . . . .	1	Ст.-3	6	6	—	
51	Уголок 60×60×8, l=1390 смолкованный . . . . .	1	Ст.-3	9,8	9,8	—	
52	То же, l=1390 размолкованный . . . . .	1	Ст.-3	9,8	9,8	—	Уточнить по каркасу
53	То же, l=1160 . . . . .	2	Ст.-3	10,5	21	—	
54	То же, l=420 . . . . .	2	Ст.-3	3,8	7,6	—	
						ОСТ	
55	Болт М 8×25 . . . . .	16	Ст.-3	0,014	0,22	20035-38	Для поз. 24
						ОСТ	
56	Гайка М 8 . . . . .	12	Ст.-3	0,005	0,07	НКТП 3310	Для поз. 2
						ОСТ	
57	Болт М 12×25 т 1 . . . . .	12	Ст.-3	0,036	0,43	20035-38	Для поз. 2
						ОСТ	
58	Гайка М 12 . . . . .	240	Ст.-3	0,025	6,0	НКТП 3310	Для поз. 2
						ОСТ	
59	Болт М 12×35 т 1 . . . . .	4	Ст.-3	0,017	0,07	20035-38	Для поз. 2
						ОСТ	
60	Болт М 20×70 т 1 . . . . .	16	Ст.-3	0,22	3,52	20035-38	Для поз. 5
						ОСТ	
61	Гайка М 20 . . . . .	16	Ст.-3	0,047	1,24	НКТП 3310	Для поз. 2
						ОСТ	
62	Болт М 12×30 т 8 . . . . .	32	Ст.-3	0,04	2,08	20035-38	Для поз. 2
						То же	
63	Болт М 12×80 т 8 . . . . .	156	Ст.-3	0,03	4,58	—	Для поз. 2
64	Предохранитель 12×32×8 . . . . .	26	Ст.-3	0,003	0,13	ОСТ	
65	Болт М 18×50 т 1 . . . . .	4	Ст.-3	0,148	0,6	20035-38	Для поз. 2
						ОСТ	
66	Гайка М 18 . . . . .	4	Ст.-3	0,06	0,24	НКТП 3310	Для поз. 2
						ОСТ	
67	Болт М 12×30 т 1 . . . . .	4	Ст.-3	0,04	0,16	20035-38	Для поз. 2
						Нормаль	
68	Масленка „Штауфер“ 1/4 . . . . .	10	—	—	—	—	Для поз. 2
69	Обод диам. вн. 900 из L 180×120×14 . . . . .	1	Ст.-3	107	107	ОСТ	
70	Болт М 12×50 т 9 . . . . .	12	Ст.-3	0,07	0,84	20035-38	

#### Характеристика мельницы

Производительность (теоретич.) . . . . .	7 т/час
Мощность мотора . . . . .	20 кат
Число оборотов мотора . . . . .	750 об/мин
Диаметр шкива мотора . . . . .	200 мм
Число оборотов барабана . . . . .	34 об/мин
Общий вес мельницы . . . . .	4785 кг
Вес вращающегося барабана . . . . .	3625 кг

склада или погрузки. Устройство состоит из одной подвесной нитки пути, подвижной каретки с ручной талью и сменных ковшей, оставляемых в приемке мельницы для наполнения. Путь к цеху и между зданиями не пересекается наземными путями.

При применении ковшевых вагонеток необходимо устройство для подъема ковшей из приемки на подвижную базу, либо нужно поднять все сооружение на 1,5 м; дальше необходима эстакада и лебедка для подъема вагонеток в склад.

При применении ленточных транспортеров нужны два транспортера: первый наклонный и второй либо передвижной, либо стационарный на всю длину склада; нужно иметь в виду, что транспортеры создадут в складе трудные условия для работы вследствие образования пыли.

Самым лучшим решением является пневматический транспорт (киньон-насосом); однако на ближайшее время применение пневматического транспорта, так же как и хранение гипса в силосах, мало реальны в силу трудности осуществления.

Готовый гипс следует хранить в закрытом складе с полом, поднятым над землей (для защиты от грунтовой влажности) на уровень автомашин и вагонов, т. е. на +1,20 м. Внутри склад разделяется на закромы, емкость каждого закрома должна равняться суточной производительности завода. Общую емкость склада целесообразно назначать такую, чтобы в нем можно было хранить 15-30-дневный запас продукции.

Выдача гипса со склада производится либо через люки в стенах навалом на машины с защитой от осадков и ветра, либо ковшом по монорельсу, либо в специальную тару (целесообразны контейнеры).

Котельно-тепловое отделение состоит из одного или двух паровых котлов, пароперегревателя, подтопка, обеспыливающей камеры (кирпичного циклона) с фильтром, вентиляторов для сушки гипса и вспомогательного оборудования котельной: дутьевого вентилятора, питательных насосов, топливоподачи, водоочистки.

Проектом предусмотрена установка двух вентиляторов для подачи и отбора сушильного агента (газовой смеси) — головного и хвостового в целях возможности работы на одном из следующих режимов сушки:

- а) под напором, — работает только головной вентилятор;
- б) под разрежением, — работает только хвостовой вентилятор;
- в) комбинированный режим — одновременно работают оба вентилятора, причем нулевая точка может быть получена в любом месте сети: до демпфера, в демпфере (на разных высотах), после демпфера.

Компоновка оборудования предусматривает соединение боров котла со смесительной камерой подтопка для подачи в нее дымовых газов котла, которые попадают в поток перед пароперегревателем; дымовая же (выхлопная) труба на котле предназначена только для розжига котла.

К подтопку (к камере смешения) подведены рециркулируемая газовая смесь и воздух из атмосферы.

К подаваемой в демпфер горячей газовой смеси предъявляются требования: 1) постоянство температуры, 2) постоянство состава и достаточность количества смеси, 3) механическая чистота.

Температура и количество смеси регулируются изменением интенсивности горения и количества избыточного воздуха для горения, а также количества рециркулируемой смеси и балластного воздуха для понижения температуры смеси.

Механическая чистота газовой смеси достигается систематической очисткой от уносов пыльной камеры (кирпичного циклона) и фильтров, удалением скоплений уносов в поворотах, переходах, шибах.

Опытом эксплуатации устанавливается величина перепада температуры газовой смеси в газопроводе на пути от подтопка до демпфера. Персонал котельно-теплового отделения ведет наблюдение за температурой газовой смеси у подтопка по термометру. Температура газовой смеси в этом месте должна быть выше необходимой температуры в демпфере на величину температурного перепада в газопроводе.

Общий контроль за температурой осуществляется мастером, в бюро которого устанавливается логометр с подключением к нему термопар, устанавливаемых на каждом демпфере, на газопроводе отходящей газовой смеси, на газопроводе у подтопка, на котле. Контролю мастера, кроме того, подлежат количество и состав газовой смеси, поступающей в демпфер.

Как указывалось выше, заводы могут выполняться с большим числом демпферов — 6, 8, 10 и 12. Это повышает экономичность производства. На рис. 11 и 12 даны схемы дробильного и демпферного отделений завода на 6 демпферов.

Принципиальная компоновка остается та же, но удлиняется транспортер для передачи щебня от элеватора в бункеры и несколько изменяются коммуникации.

Цикличность режимов демпферов в этом случае может быть достигнута либо путем изменения продолжительности стадий процесса, либо путем введения параллельной работы отдельных демпферов.

Основной аппарат завода — демпфер может выполняться различных размеров, чем определяется его производительность, а следовательно, и производительность завода.

В настоящее время запроектированы и осуществляются демпферы двух типов (см. табл. 1).

Характеристика демпферов

Таблица 1

Э л е м е н т ы	Единица измерения	Т и п ы	
		I	II
Объем заполнения . . . . .	м <sup>3</sup>	11,80	7,00
Диаметр котельной конструкции . . .	мм	2 200	1 900
Высота . . . . .	"	4 300	3 800
Вес демпфера . . . . .	т	3,3	2,2
Производительность одного демпфера:			
суточная . . . . .	"	27,8	17,0
головая . . . . .	"	8 000	5 000

Производительность завода складывается из производительности установленных демпферов.

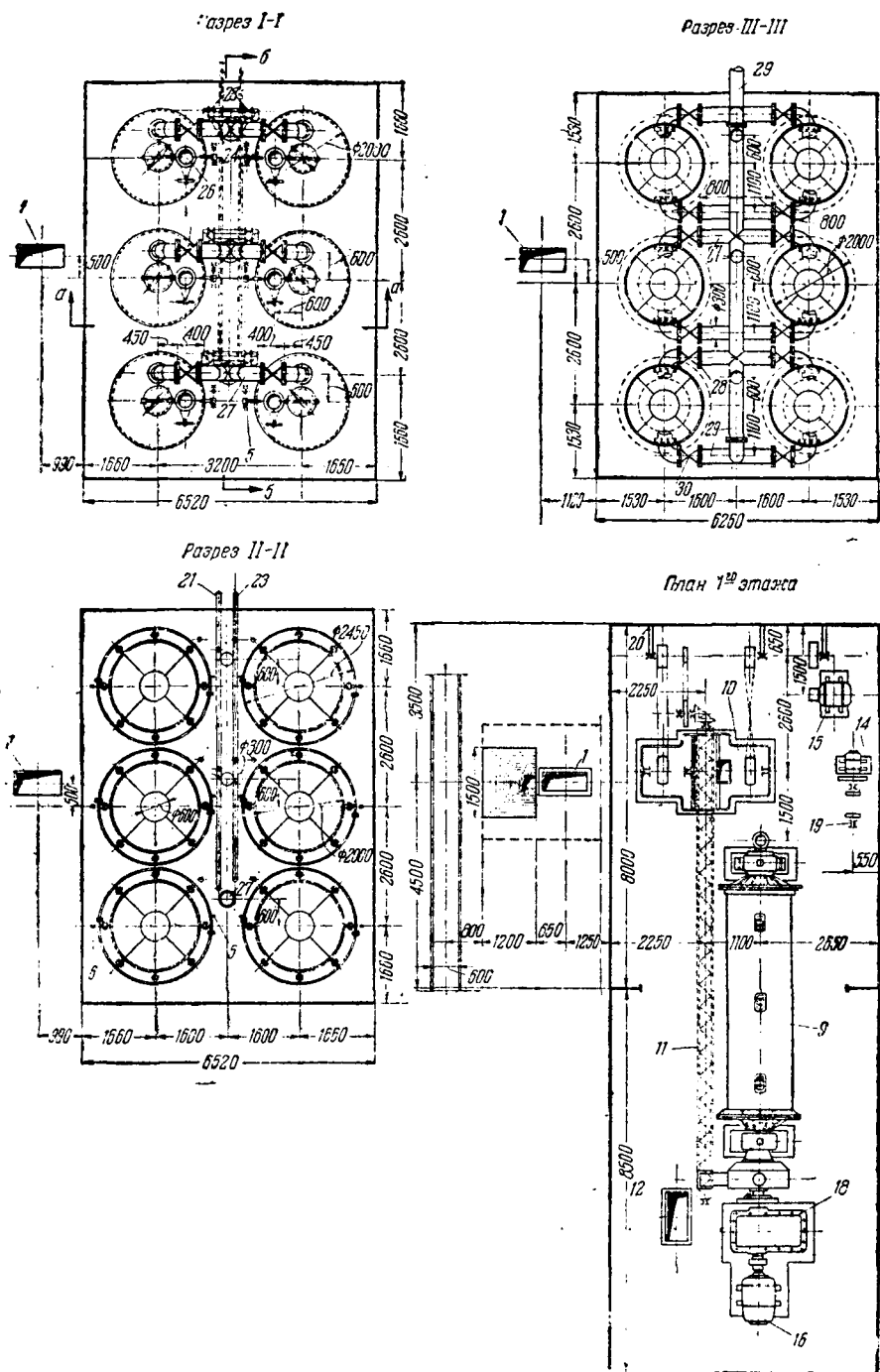


Рис. 11. Схема дробильного и демпферного отделения завода на 6 демпферов.  
Планы

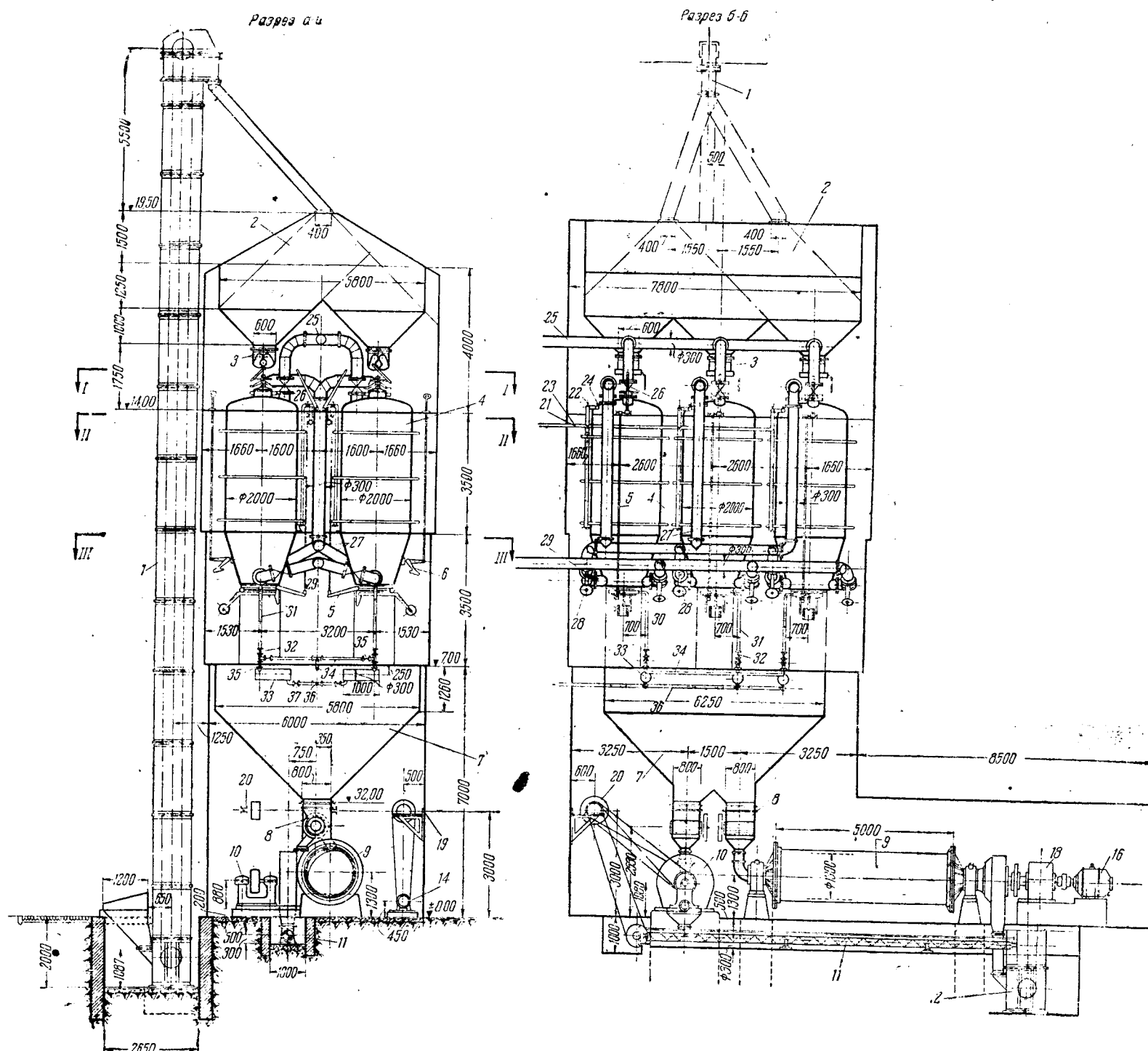


Рис. 12. Схема на 6 демпферов. Разрезы дробильного и демпферного отделения завода

СПЕЦИФИКАЦИЯ

№ поз.	Наименование	Количество	№ поз.	Наименование	Количество
Оборудование			Коммуникация		
1	Элеватор для щебенки Э-200-12, Н—27 м	1	21	Трубопровод для насыщенного пара $\varnothing 4''$ , $l=11$ м	—
2	Бункер верхний с 6 воронками	1	22	Вентили для насыщенного пара $\varnothing 4''$	12
3	Затвор 600×600, вертикальный, двухстворный	6	23	Паропровод для перегретого пара $4''$ , $l=11$ м	—
4	Демпфер $V=11$ м <sup>3</sup>	6	24	Вентили для перегретого пара $\varnothing 4''$	12
5	Управление открывания затвора демпфера	6	25	Паропровод для горячего воздуха $\varnothing 300$ мм, $l=19$ м	—
6	закрывания	6	26	Вентили трубопровода для горячего воздуха $\varnothing 300$ мм	6
7	Бункер нижний с двумя воронками	1	27	Трубопровод для перепуска воздуха $\varnothing 300$ , $l=39$ м	—
8	Питатель-дробилка	2	28	Вентили для перепуска воздуха $\varnothing 300$ мм	12
9	Трубчатая мельница Т-5; 1300×800	1	29	Трубопровод для отходящего пара и воздуха $\varnothing 300$ мм, $l=17$ м	—
10	Дезинтегратор $\varnothing 1350$	1	31	Трубопровод для спуска конденсата $\varnothing 1''$ , $l=12$ м	—
11	Шнек $\varnothing 300$ , $l=11$ м	1	32	Вентили для спуска конденсата	6
12	Элеватор гипса Э-200-12	1	33	Бачки $\varnothing 300$ мм; $l=1$ м	6
13	Электромотор к элеватору щебенки МА-202-1/8, N 6,4 квт $n=725$ об/мин	1	34	Трубопровод для перепуска конденсата $\varnothing 1''$ , $l=14$ м	—
14	Электромотор к контрприводу питателей типа МА-202-1/8 N 6,4 квт, $n=725$ об/мин	1	35	Вентили для перепуска конденсата	6
15	Электромотор к контрприводу дезинтегратора типа МА-203-1/6 N 15 квт, $n=975$ об/мин	1	36	Трубопровод для отвода конденсата $\varnothing 1''$ , $l=11$ м	—
16	Электромотор к трубч. мельнице типа МА-206-1/4, N, 81 квт $n=1470$ об/мин	1	37	Вентили для отвода конденсата	6
17	Электромотор к элеват. гипса типа АД-51/6, N 3,5, $n=975$ об/мин	1	38	Вентили для отходящего пара и воздуха $\varnothing 300$ мм	6
18	Редуктор	1			
19	Контрпривод к питателям—3 шкива	1			
20	к дезинтегратору и шнеку—4 шкива	1			



Так, завод из четырех демпферов типа II обладает годовой производительностью 3 20 т, из четырех демпферов типа I—32 тыс. т, шести демпферов типа I—48 тыс. т и т. д.

В табл. 2 и 3 дается характеристика основного оборудования завода на четыре демпфера и стержневых мельниц.

Таблица 2

Характеристика основного оборудования четырехдемперного завода

№ пп	Наименование	Характерные размеры	Паспортная производительность в т/час	Потребная мощность в квт
1	Дробилка Блека Щ-5 . . . . .	$400 \times 230$ мм	10—15	11
2	Наклонный элеватор . . . . .	$v=200$ мм, $H=8$ м	15—20	2
3	Грохот цилиндрический ССМ 106-А . . . . .	—	10—15	1
4	Элеватор Э-200-3 . . . . .	$v=200$ мм, $H=19$ м	15—30	3
5	Ленточный транспортер . . . . .	$v=600$ мм, $l=5,5$ м	15—30	2
6	Ленточный транспортер . . . . .	$v=600$ мм, $l=7,5$ м	15—30	2
7	Стержневая мельница . . . . .	$\varnothing 860$ мм, $l=2,8$ м	7—8	20
8	Паровый котел . . . . .	$F=25$ м <sup>2</sup>	—	—
9	Пароперегреватель . . . . .	$F=6$ м <sup>2</sup>	—	—
10	Поршневой насос Вортингтон . . . . .	—	—	—
11	Вентилятор Сирокко НД . . . . .	№ 2	—	2
12	Подтопок . . . . .	$F=0,5$ м <sup>2</sup>	—	—
13	Вентилятор Сирокко ВД . . . . .	№ 11	—	21/15
14	Вагонетки ковшевые . . . . .	$V=1,0$ м <sup>3</sup>	—	—
15	Тележки монорельсовые с талью и ковшом . . . . .	$V=1,0$ м <sup>3</sup>	—	—

Таблица 3

Характеристика стержневых мельниц

Тип \ Показатели	1	2	3	4	5	6	7	8
Диаметр барабана, мм . . . . .	560	660	660	915	915	1 220	1 220	1 220
Длина барабана, мм . . . . .	1 500	2 300	2 750	2 310	2 750	2 450	2 750	3 000
Потребляемая мощность, квт . . . . .	3÷4	6÷7	8÷9	15÷17	18÷20	25÷28	29÷32	33÷37
Вес, т . . . . .	3,2	6,4	7,3	11,4	13,6	20,5	23,0	25,0
Производительность, т/час . . . . .	2÷3	4÷5	5÷6	10÷12	12÷15	26÷30	30÷35	35÷40

Для обслуживания завода на 4 демпфера при трехсменной работе требуется персонал в 40 человек (см. табл. 4).

## Производственный персонал завода

Специальность	Количество в смену	Общее
<b>А. Персонал вне смен</b>		
1. Руководитель завода, инженер-силикатчик . .	—	1
2. Старший слесарь . . . . .	—	1
3. Бухгалтер . . . . .	—	1
4. Хозяйственник . . . . .	—	1
<b>Б. Персонал по сменам</b>		
1. Сменный техник . . . . .	1	3
2. Штабелещик сырья . . . . .	1	2
3. Дробильщик, бригадир . . . . .	1	2
4. Загрузчики дробилки . . . . .	3	6
5. Демпферщик . . . . .	1	3
6. Мельник . . . . .	1	2
7. Загрузчики склада готовой продукции . . . .	3	6
8. Кочегар . . . . .	1	3
9. Помощник кочегара . . . . .	1	3
10. Слесарь электрик . . . . .	1	3
11. Уборщик . . . . .	1	3
<b>Всего</b>	<b>14</b>	<b>40</b>

При хорошо поставленной работе дробильное отделение и мельница могут работать только одну смену, так как их оборудование, минимальное по величине, обладает большей часовой производительностью, чем завод. Это может уменьшить количество персонала примерно на 20%.

Обязанности персонала следующие:

1. Руководитель завода — общее руководство заводом, регулирование технологического процесса и режимов в соответствии с местными условиями, руководство сменными техниками, руководство ремонтом, химические анализы сырья и продукции.

2. Сменные техники — соблюдение технологического процесса, руководство сменой, производство контрольных анализов на смене: влажности, гранулометрии, газовой смеси.

3. Дробильщики, бригадиры — обслуживание дробилки, грохота и элеваторов, контроль качества гипсового камня.

4. Демпферщики — открывание, закрывание и загрузка демпферов, выпуск и выпуск пара, воздуха, конденсата, ведение журнала демпферного отделения.

5. Мельники — обслуживание мельницы и питателя, бригадирство загрузчиков склада.

6. Кочегары — обслуживание всего оборудования котельно-теплового отделения, подача и регулирование пара и газовой смеси.

7. Помощники кочегаров — подача топлива, обслуживание вспомогательного оборудования, котельно-теплового отделения.

8. Слесари-электрики — наблюдение за работающими механиз-

запасных частей.

9. Старший слесарь — профилактический ремонт оборудования, заготовка запасных частей, инструктаж сменных слесарей-электриков.

## V. ДЕЙСТВУЮЩАЯ УСТАНОВКА И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕМПФЕРНОГО ГИПСА<sup>1</sup>

В настоящей главе дается описание первой выполненной демпферной установки в городе N (рис. 13). Она состоит из двух демпферов типа I и в зависимости от местных условий и возможностей осуществлена с отступлениями от вышесписанных проектов. Так, вместо двух элеваторов поставлены бывшие в наличии четыре ленточных транспортера, вместо необходимого вентилятора

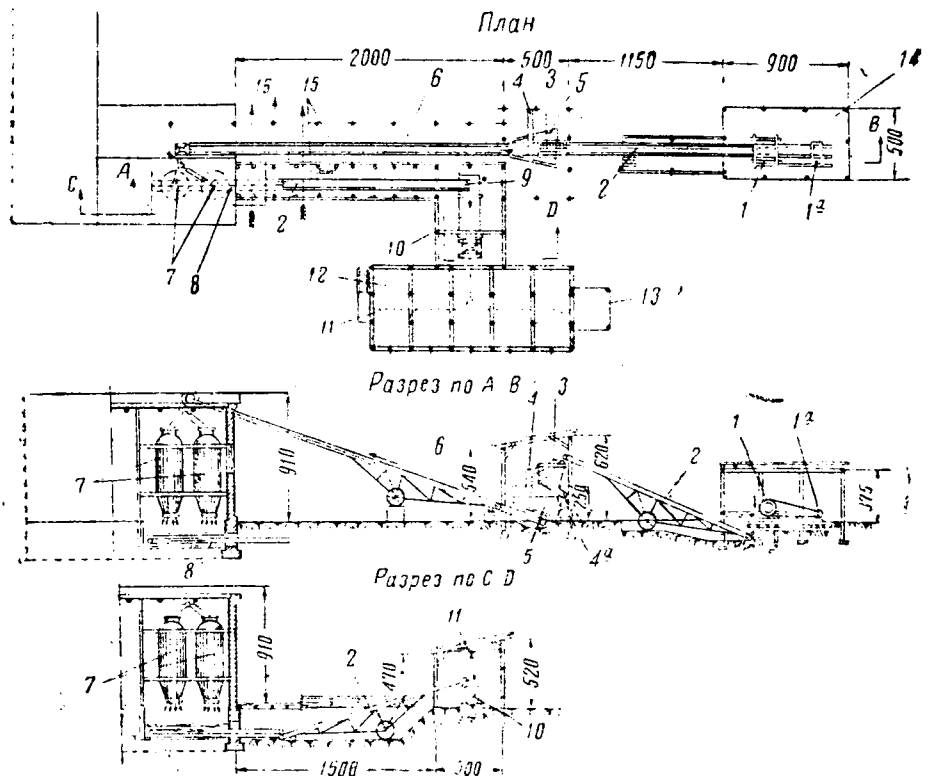


Рис. 13. Схема действующей демпферной установки в городе N.

Размеры в мм. 1 — камнедробилка Блека; 1а — электромотор; 2 — ленточный транспортер; 3 — грохот; 4 — лоток для крупной фракции; 4а — мелкая фракция; 5 — резервный бункер для гипсового щебня; 6 — наращенный ленточный транспортер; 7 — демпферы; 8 — горизонтальный питатель (к стержневой мельнице); 9 — бункер; 10 — стержневая мельница; 11 — моторельс; 12 — склад высокопрочного гипса; 13 — навес для автомашин; 14 — навес над камнедробилкой; 15 — навес над транспортерами; 16 — подъезд

<sup>1</sup> См. также статью инж. Боженова П. И. в журнале «Строительная промышленность» № 8—9, 1942.

высокого давления поставлен незначительный по производительности вентилятор Шиле № 5, для производства пара использован водогрейный котел Стрелля и т. п.

Демпферы поставлены в помещении, предназначавшемся для трансформаторного пункта дизельной (кабины трансформаторов и масляников, коридор), что создало трудные условия для выполнения и эксплуатации установки; вследствие этого же мельница вынесена в отдельную пристройку.

Энергией установка снабжается от передвижной газогенераторной станции, обслуживающей также других потребителей.

Технологическая схема (рис. 14) выполнена без рециркуляции отходящей газовой смеси и водоочистки. При работе одного демпфера не осуществлялось также подогрева гипсового щебня путем перепуска отходящей газовой смеси и впуска пара от конденсата.

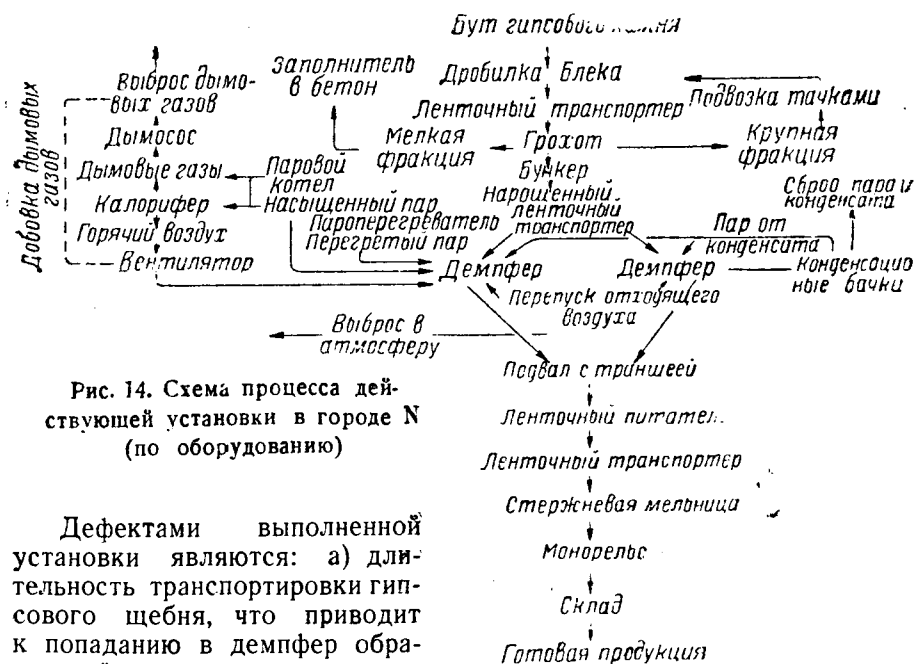


Рис. 14. Схема процесса действующей установки в городе N (по оборудованию)

Дефектами выполненной установки являются: а) длительность транспортировки гипсового щебня, что приводит к попаданию в демпфер образующейся пыли и мелочи; б) малый объем бункера для гипсового щебня, что увеличивает время загрузки демпфера; в) незаконченность изоляции демпфера; г) малый размер вентилятора, дающего совершенно недостаточное количество воздуха для сушки (в  $7 \div 8$  раз меньше необходимого); д) дефектное выполнение топки, вследствие чего получается примесь сажки к воздуху и затем к гипсу; е) недостаточная поверхность пароперегревателя; ж) малое количество мелющих тел (стержней) в мельнице; з) незаконченность строительных конструкций — унос и примесь пыли сырого гипсового камня к продукции.

Кроме этого, правильная техническая эксплуатация затрудняется: а) перебоями (в условиях площадки) в снабжении водой,

паром и энергией; б) плохим (ниже стандартного) качеством гипсового камня со значительными включениями земли, глины, известняка и выветрившегося гипса и в) отсутствием достаточного количества измерительных приборов.

Перебои в подаче энергии во время сушки приводили к охлаждению и, следовательно, к ухудшению качества почти готового продукта. Малое же количество воздуха для сушки сказывается двояко: а) гипс охлаждается и некоторая часть его снова гидратируется; б) процесс сушки удлиняется и часть гипса при длительной сушке полностью обезвоживается.

Таким образом достигнутые результаты не являются предельными и могут быть значительно повышены и улучшены при устранении перечисленных дефектов.

Установка вступила в промышленную эксплуатацию и даже при нынешнем ее состоянии снабжает строительство удовлетворительным вяжущим.

Ниже описываются строительные работы, выполненные из гипса за небольшой промежуток времени (два месяца) с момента пуска установки<sup>1</sup>. Выполнению строительных работ предшествовало изучение и испытание работы гипса в изделиях натуральной величины.

Изделия — балки (полнотелая и типа ВЗ) и плита

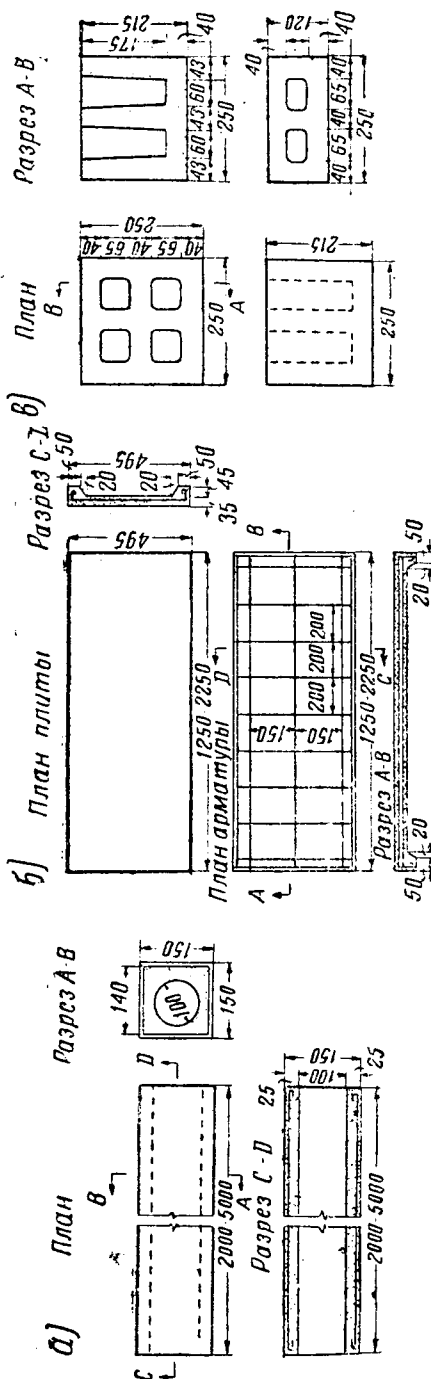


Рис. 15. Строительные детали из высокопрочного гипса:  
а — балка типа ВЗ; б — плита типа ГИС; в — пятистенные блоки БРЦ

<sup>1</sup> См. также статью инж. Розанова Н. П. в журнале «Строительная промышленность» № 8—9, 1942.

типа ГИС (рис. 15)—изготавливались из гипсо-бетона состава 1 : Г, заполнитель — гравий или гипсовый щебень; арматура — из круглого железа диаметром 6 мм с отгибами и без них; для защиты от коррозии арматура покрыта битумным лаком. Приготовление бетона производилось вручную. Образцы до испытаний хранились под открытым небом на земле.

Образцы для испытаний устанавливались на козлах, опорами служили трубы. Посредине на образец также укладывалась труба и на нее подвешивалась платформа, которая загружалась кирпичами.

Результаты испытаний приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Результаты испытаний гипсовых изделий**

№ образ-ца	Арматура	Водогип-совое отноше-ние в %	Возраст образца в сутках	Пролет в см	Разруша-ющий груз в кг	Расчет-ный груз в кг	Примечание
Балки сплошные							
5А-Б1	Отгибы 2Ø6	60	2	110	2 144	1 000	Образец 5А-Б2 не разрушился
5А-Б2	" 2Ø6	60	2	110	2 629	1 000	
5А-Б3	" 2Ø6	60	5	110	1 764	1 000	
5А-Б4	" 2Ø6	60	7	110	1 659	1 000	
Балки БЗ (пустотелые)							
8А-0	Без отгибов	60	3	170	909	—	Трещина при изготовлении
7А-0	" "	60	4	170	812	—	
Плиты ГИС							
6А-Б	—	60	1	140	1 664	—	
7А-0	—	60	4	140	509	—	
—	—	60	1	194	318	—	

Испытания выявили возможность и необходимость уменьшения водогипсового отношения, целесообразность и даже обязательность механического приготовления бетона, что в дальнейшем было выполнено.

Испытанные образцы лежат под открытым небом с мая 1942 г.; заметных следов коррозии арматуры не наблюдается.

В настоящее время балки и плиты изготавливаются в массовом порядке. Марка гипсобетона принята 150, состава 1 : 1,5. К настоящему времени изготовлено около 1 500 м<sup>2</sup> плит типа ГИС.

Из монолитного гипсобетона выполнены фундаменты под оборудование завода силикатного кирпича, фундаменты под емкостные баки, фундаменты подстанции. Поверхности фундаментов, соприкасающиеся с грунтом, для изоляции от грунтовых вод покрыты битумным лаком или гудроном.

Из монолитного железогипсобетона устроены плита перекрытия подстанции (площадь 140 м<sup>2</sup>), перегородки, каналы. К настоящему времени выполнено около 400 м<sup>2</sup> железогипсобетонных перекрытий.

На гипсо-глиняном растворе (1:3) выполнена ответственная кладка: перемычки, столбы, бутовые фундаменты.

Изготавливаются стеновые блоки из гипса со шлаком (состав 1:2) и из гипса, глины и опилок (состав 1:3:2).

Пятистенные блоки БРШ (рис. 15) изготавливаются с пустотами, ограниченными с пяти сторон, в целях уменьшения теплопроводности, веса, расхода сырья и др. Прочность блоков в возрасте двух суток (временное сопротивление сжатию): гипсо-шлаковых— $80 \div 100 \text{ кг/см}^2$ , гипсо-глиняных  $30 \div 40 \text{ кг/см}^2$ .

Блоки на площадке производятся в двух мастерских общей производительностью до 8 тыс. шт. в сутки. Гипсо-шлаковые блоки сушке не подвергаются, их можно перевозить уже через час после изготовления; гипсо-глиняные блоки выдерживаются на воздухе сутки.

Блоки применяются для стен промышленных и жилых зданий.

Для обшивки стен деревянных зданий изготавливаются гипсо-опилочные плиты (состава 1:3), а для перегородок — изоляционные плиты из гипса со стеблями; таких плит изготовлено около  $2\,000 \text{ м}^2$ .

Демпферным гипсом залиты полы в установке. Производятся опыты увеличения сопротивления гипсовых полов истиранию путем прокраски квасцами, опыты устройства гипсо-глиняных полов и др.

Выполнена на гипсе и показала хорошие качества теплоизоляции демпферов, паропроводов и воздушных коммуникаций. Конструкция изоляции следующая: железная поверхность покрыта слоем асбозурита толщиной 1 см, затем идут слои гипса с глиной толщиной 3 см, обтяжка металлической сеткой, слой гипса с опилками толщиной 2 см и наконец стяжка из гипса толщиной 1 см. При внутренней температуре  $160 \div 170^\circ$  температура изоляции снаружи —  $23 \div 25^\circ$ . Участок воздухопровода, проходящий над крышей, подвергался действию атмосферных осадков (снег, дождь), однако изоляция не имеет никаких повреждений.

Демпферным гипсом заделывались в стены балки и консоли под вибрирующее оборудование — вентилятор, мотор, насос. Нагрузка передавалась через  $0,5 \div 1$  час после заделки, причем никаких повреждений в местах заделки не было обнаружено.

Производится штукатурка стен гипсо-глиняным раствором состава 1:6. Применяется замазка для окон состава гипс:глина:отходы нефти (1:2:0,1), показавшая весьма хорошие качества.

Для штучных изделий гипс применяется без замедлителей. Для бетонных монолитных работ большого объема вводится замедлитель в количестве  $0,1 \div 0,2\%$  к весу гипса.

Заслуживает внимания скорость выполнения работ — штучные изделия распалубиваются через  $5 \div 10$  мин. после затворения, монолитные конструкции через  $0,5 \div 1$  час. Большая выдержка (до суток) в опалубке рекомендуется для конструкций, остающихся после распалубки на весу (большепролетные перекрытия и т. п.).

Имело место частичное применение гипса для производства гипсо-шлакового кирпича состава 1:2 на прессе Буккау (при от-

сутствии извести для производства силикатного кирпича); временное сопротивление сжатию через 1 час после изготовления составляло  $150 \text{ кг/см}^2$ . Гипсовые прессованные изделия должны показать высокую прочность и могут, вследствие получающейся при этом малой водопоглощаемости, найти самое разнообразное применение (например черепица).

Практика применения демпферного гипса показала, что гипсовый бетон целесообразнее готовить в мешалках непрерывного действия. При выполнении монолитных конструкций мешалку следует располагать возможно ближе к месту укладки бетона. При выполнении бетонных работ большого объема целесообразно готовить бетон одновременно в нескольких мешалках.

Для усиления прочности заделки арматуры в гипсобетон, следует рабочие и распределительные стержни арматуры в отдельных местах между собой сваривать.

Объем выполненных работ свидетельствует о переходе строительства к широкому производственному применению демпферного гипса.

## VI. СВОЙСТВА ДЕМПФЕРНОГО ГИПСА

Демпферный гипс по сравнению с гипсом, получаемым при других способах производства, обладает более высокими качествами, особенно значительно повышенной прочностью.

Хотя водостойкость демпферного гипса также выше, чем у обычного гипса, он все же остается, как все гипсовые вяжущие материалы, воздушным вяжущим<sup>1</sup>.

Незначительный отрезок времени, протекший после начала промышленного производства демпферного гипса, не дал возможности произвести всесторонние исследования демпферного гипса. Приводимые ниже данные, полученные в условиях лаборатории на строительной площадке, могут служить доказательством того, что демпферный гипс заслуживает самого серьезного внимания<sup>2</sup>. Детальное изучение свойств демпферного гипса предпринято сейчас ЦНИПС. В силу неналаженности работы установки (см. выше) результаты испытаний следует считать ниже оптимальных. Следует также учесть низкое качество гипса-сырья, применяемого на установке.

Процент гидратной воды, являющийся основным показателем качества продукта, составляет  $5,08 \div 6,67\%$ . Меньшее значение относится к партиям гипса, находившимся в сушке продолжительное время ( $5 \div 6$  час.).

Водопотребность для нормальной густоты гипсового теста—  $33 \div 35\%$ , однако по заключению акад. Будникова даже при водогипсовом отношении 0,30 получается подвижное и удобное для работы гипсовое тесто, что весьма важно (см. ниже).

<sup>1</sup> Проф. Некрасов В. П. успешно работает сейчас над приданием демпферному гипсу водостойкости.

<sup>2</sup> В лабораторных испытаниях и освоении демпферного гипса активное участие принимали канд. техн. наук Боженов П. И. и ст. лаборант Булатов Г. Н.

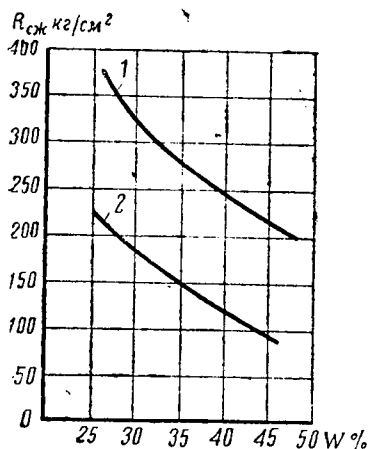


Сроки схватывания гипсового теста находятся в зависимости от процентного содержания гидратной воды в продукте, и тем больше, чем ближе процент гидратной воды к теоретическому (6,2%) в полуводном гипсе. При нормальной густоте сроки составляют: начало—4÷6 мин., конец—6÷8 мин. Влияние водогипсового отношения на сроки схватывания характеризуются данными, приведенными в табл. 6.

Таблица 6

Влияние водогипсового отношения на сроки схватывания гипса

№ образцов	Водогипсовое отношение	Сроки схватывания	
		начало	конец
94	30	3'45"	6'20"
95	40	5'10"	8'58"
96	50	6'15"	11'00"
97	70	9'10"	19'30"
—	100	16'00"	29'00"



Влияние водогипсового отношения на прочность представлено на кривой рис. 16.

Рис. 16. Кривая зависимости временного сопротивления гипса сжатию от водогипсового отношения:

1 — в высушенном до постоянного веса состоянии;  
2 — в возрасте 1 суток

Уменьшение водогипсового отношения вызывает и уменьшение водопоглощения (табл. 7).

Таблица 7

Влияние водогипсового отношения на водопоглощение гипсовой отливки

Водогипсовое отношение	Водопоглощение гипсовой отливки в %	Водогипсовое отношение	Водопоглощение гипсовой отливки в %
75	35÷40	35	13,5
63	28	30	11,5
46	18	26	9
40	16		

Гипсовые отливки, отформованные с прессованием, имеют еще меньшую водопоглощаемость (табл. 8).

Таблица 8

Водопоглощение гипсовых отливок при применении прессования

Водогипсовое отношение в %	Величина давления в кг/см <sup>2</sup>	Водопоглощение гипсовой отливки в %
35	0,35	5,50%
35	280	3,1

Приведенные данные показывают, что из демпферного гипса можно производить изделия с меньшим водопоглощением, чем грубая керамика (так, например, черепица имеет водопоглощение 16%).

Результаты испытания прочности отдельных партий гипса приводятся в табл. 9.

Таблица 9

Результаты испытания прочности демпферного гипса

№ образца	Водогипсовое отношение в %	Сроки схватывания		Временное сопротивление в кг/см <sup>2</sup> в возрасте					
		начало	конец	сжатию <sup>1</sup>			растяжению		
				1 час	1 сутки	7 суток	1 час	1 сутки	7 суток
29	30	4'17"	6'28"	170	214	320	17,6	21,3	41,0
40	30	1'31"	2'30"	145	202	328	16,0	13,6	28,4
51	30	2'25"	3'30"	208	280	291	23,0	22,1	40,3
59	30	2'50"	3'57"	162	201	202	23,0	28,0	43,1
60	30	2'46"	3'50"	201	216	258	24,6	30,5	38,5
66	30	4'00"	6'00"	188	212	338	28,5	27,8	43,5

Все образцы выдержали испытание на равномерность изменения объема.

Большая неравномерность полученных результатов говорит о неблагоприятных условиях, имевших место при проведении испытаний, и о возможности получения значительно более высоких результатов. Отдельные образцы показали временное сопротивление сжатию — 450 кг/см<sup>2</sup>.

Следует отметить, что демпферный гипс на 28-й день дает рост прочности на 20 ÷ 30%.

<sup>1</sup> В кубиках 4×4×4 см; они дают повышенные значения временного сопротивления сжатию — примерно в 1,5 раза (через 7 суток) в сравнении со стандартными кубиками 7×7×7 см.

значительная скорость схватывания.

Замедление схватывания оказывает положительное влияние на прочность, так как замедленный рост кристаллов увеличивает их размер, а следовательно, и прочность отливки. Увеличение сроков схватывания должно достигаться нормальной сушкой гипса (нормальным содержанием гидратной воды), но может регулироваться и введением добавок. В качестве таковых испытаны известкипелка, известь-пушонка, поваренная соль и малярный клей (см. табл. 10).

Влияние добавок на сроки схватывания

Таблица 10

№ образца	Водогипсовое отношение в %	Наименование и процент добавки	Сроки схватывания		Временное сопротивление в кг/см <sup>2</sup> в возрасте					
			начало	конец	сжатию			растяжению		
					1 час	1 сутки	7 суток	1 час	1 сутки	7 суток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Известь-кипелка										
59	30	0	2'50"	3'57"	162	201	202	23,0	28,0	43,1
55	30	2	8'15"	11'40"	161	153	236	25,9	32,7	43,8
56	30	3	6'48"	11'40"	172	181	238	28,2	29,2	42,1
57	30	4	6'50"	11'56"	161	170	209	22,7	27,0	42,9
58	30	6	7'40"	11'57"	153	105	176	20,5	23,7	36,7
70	30	8	7'45"	11'56"	148	166	202	19,8	24,3	37,5
71	30	10	5'10"	11'15"	141	178	200	19,0	25,1	38,7
Известь-пушонка										
60	30	0	2'40"	3'50"	201	216	258	24,6	20,5	38,5
61	30	2	5'45"	8'10"	135	165	267	23,3	29,1	39,8
62	30	4	6'25"	9'10"	183	149	260	25,3	28,1	34,2
63	30	6	7'25"	11'40"	156	144	215	20,4	23,0	43,2
64	30	8	6'00"	10'45"	125	116	165	26,0	26,2	33,0
65	30	10	4'45"	9'15"	120	119	132	17,1	16,5	30,2
Поваренная соль										
66	30	0,0	4'00"	6'00"	188	212	338	28,5	27,8	43,5
67	30	0,5	2'00"	3'00"	177	120	163	17,7	16,0	18,3
68	30	2,0	1'40"	2'30"	177	80	145	14,4	10,0	10,2
69	30	10,0	8'45"	13'30"	45	40	32	4,7	2,7	3,1
Малярный клей										
110	30	0,00	0'55"	1'35"	56	106	156	13,8	17,0	28,0
113	30	0,05	1'30"	2'55"	91	100	173	17,5	17,7	29,5
114	30	0,10	2'50"	3'40"	109	121	207	17,8	20,7	31,0
—	30	0,15	2'55"	3'50"	—	—	—	—	—	—
115	30	0,20	3'30"	5'40"	107	119	201	17,6	21,3	26,8
109	30	0,00	3'50"	5'12"	99	158	203	12,8	13,1	21,0
116	30	0,05	6'00"	11'00"	83	90	141	13,7	14,7	17,0
118	30	0,10	9'45"	15'00"	88	90	145	13,1	14,5	23,0
—	30	0,15	8'30"	10'13"	—	—	—	—	—	—
117	30	0,20	23'30"	27'01"	82	88	167	14,0	14,3	25,0
111	30	0,50	—	—	66	72	—	10,0	10,5	25,1

Примечание. Добавка малярного клея испытывалась на замокшем гипсе. Все образцы выдержали испытания на равномерность изменения объема

Увеличение сроков схватывания с введением добавок получается больше в том случае, когда в силу нормального производства гипса содержание гидратной воды ближе к теоретическому (образцы 110 и 109, 115 и 117).

Добавка извести неэффективна; при введении извести в количестве более 6% от веса гипса происходит понижение прочности отливки (рис. 17). При этом безразлично, применять ли известкипелку или пушонку; влияние их одинаково.

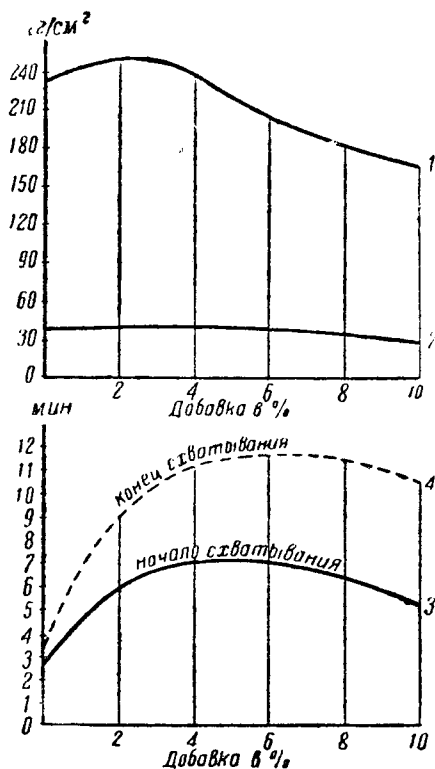


Рис. 17. Влияние добавки извести на сроки схватывания и прочность гипса:

1 - временное сопротивление сжатию через 7 суток; 2 - временное сопротивление растяжению через 7 суток; 3 - начало схватывания; 4 - конец схватывания

Весьма эффективным оказывается применение малярного клея (любого клея) даже в очень малых количествах.

Хорошие результаты получаются, если предварительно смешать клей с известью в отношении 1 : 5 (или 1 : 10), что соответствует добавке их в процентах к весу гипса 0,2 и 1% (0,2 и 2%).

Проф. В. П. Некрасов в виде опыта применил в качестве замедлителя выварку из полыни и достиг значительного замедления схватывания (до 1,5 часа).

Инж. М. Н. Либман предложил приготовить замедлитель из материалов, содержащих кератин (рога, копыта, шерсть, волос животных и т. п.) путем растворения их в водном растворе едкого натра. Добавка этого замедлителя в количестве 0,5÷1,5% от веса гипса увеличивает время схватывания до 0,5÷2 час.

Увеличение сроков схватывания получается также и при понижении температуры воды затворения.

Для определения влияния перерывов в бетонировании формы (кубов и восьмерок) заливались в два приема по половине. Плоскость шва проходила в кубе—по диагонали, параллельно направлению давления; в восьмерке—под углом 45° относительно «дна» через сечение разрыва.

Результаты испытаний приведены в табл. 11.

Что касается влияния вибрации на прочность отливок из гипса без заполнителей, то вибрация в течение 20÷30 сек. не дает отрицательных результатов. Дальнейшая вибрация оказывает вредное

**Влияние перерывов в бетонировании на прочность гипсов**

Водо-гипсовое отношение	Длительность перерыва	Временное сопротивление в кг/см <sup>2</sup> в возрасте 7 суток	
		сжатию	растяжению
30	Без перерыва	198	23,1
30	10 мин	151	13,6
30	30 "	141	8,2
30	1 час	137	10,0
30	2 часа	91	8,0
30	12 час	90	10,7
30	24 часа	82	—

*Таблица 12*

**Влияние вибрации на прочность отливок из гипса без заполнителей**

№ образца	Водогипсовое отношение	Длительность вибрации	Временное сопротивление в % к временному сопротивлению без вибрации	
			сжатию	растяжению
133	30	0	100,0	100,0
130	30	5 сек.	116,2	107,5
131	30	10 сек.	102,9	97,2
132	30	30 "	101,0	89,6
134	30	1 мин.	97,8	82,2
135	30	3 "	96,9	75,1
136	30	5 "	73,4	—
137	30	7 "	56,4	—

Примечание. Образцы испытывались в возрасте 7 суток. Сроки схватывания были: начало—5 мин., конец — 6 мин. 55 сек.

влияние вследствие увеличения скорости схватывания (см. табл. 12). С введением замедлителей продолжительность вибрации может быть увеличена (на 40÷45) вследствие некоторого увеличения водо-гипсового отношения.

В производственных условиях, при изготовлении гипсо-шлаковых блоков наблюдалось, что при вибрации на поверхности изделия собиралась вода, вытесняемая оседавшим бетоном. Следовательно, вибрацией в этом случае можно уменьшить водогипсовое отношение, увеличить прочность и ускорить сушку.

Применение большого количества заполнителей к гипсу вообще не допустимо, так как при этом резко снижается его прочность. Демпферный гипс, обладая большой прочностью, позволяет вводить заполнители в больших количествах (см. табл. 13 и 14).

## Влияние количества заполнителей и воды затворения на прочность гипса

№ образца	Водогипсовое отношение	Заполнитель и состав	Временное сопротивление в кг/см <sup>2</sup> в возрасте:					
			с ж а т и ю			р а с т я ж е н и ю		
			1 час	1 сутки	7 суток	1 час	1 сутки	7 суток
Строительный песок								
66	30	1:0	188	212	338	28,5	27,8	43,5
71/77	30	1:1	127	117	178	13,7	14,0	20,7
73/79	30	1:2	64	61	96	8,5	9,9	22,0
76/81	30	1:3	25	58	63	2,4	5,3	5,8
66	50	1:0	171	191	207	26,7	26,8	32,8
72/78	50	1:1	86	86	132	11,6	11,2	24,0
74/80	50	1:2	55	59	49	8,1	8,6	21,8
75/82	50	1:3	18	43	65	2,1	5,1	12,3
97	70	1:0	39	64	70	7,4	4,1	13,0
105	70	1:2	28	11	55	4,5	4,4	8,7
106	70	1:3	17	—	24	—	4,1	7,3
107	30	1:0	190	207	218	22,1	22,0	29,3

## Гипсовый щебень

66	30	1:0	188	212	338	28,5	27,8	43,5
83	30	1:1	80	121	160	18,1	12,3	33,4
85	30	1:2	74	85	151	8,7	10,7	22,5
87	30	1:3	23	42	47	7,2	7,7	7,5
66	50	1:0	171	191	207	26,7	26,8	32,8
84	50	1:1	69	86	157	14,2	11,7	21,5
86	50	1:2	66	74	121	7,4	9,8	20,1
88	50	1:3	21	35	89	6,4	7,8	14,0
97	70	1:0	39	64	70	7,4	4,1	13,0
103	70	1:2	39	47	85	12,0	12,0	16,3
104	70	1:3	31	32	73	6,7	9,0	16,0
107	30	1:0	190	207	218	22,1	22,0	29,3

## Сложный бетон на гипсе

Таблица 14

№ образца	Водогипсовое отношение	С о с т а в	Отношение количества гипса к общему количеству заполнителей	Временное сопротивление сжатию в кг/см <sup>2</sup> в возрасте	
				1 суток	3 суток
		А. Образцы хранились на воздухе			
52	50	0,75 : 1,50 : 0,05 : 0,05 : 0,10 : 0,80 песок : гравий : щебень : нефт. отж. : изв. : гипс	1:3,00	87	105
53	50	0,75:1,50 : 1,00 песок : щебень : гипс	1:2,25	93	153
		Б. Образцы хранились в воде			
52	50	Тот же	1:3,00	66	90
53	50	.	1:2,25	92	112

Округляя результаты проведенных испытаний, можно принять, что прочность гипсового бетона в зависимости от отношения количества гипса к общему количеству заполнителей составляет: 1 : 0 — 100%, 1 : 1 — 70%, 1 : 2 — 60%, 1 : 3 — 40%.

Понижение прочности зависит также от рода заполнителя: большее понижение получается при применении песка, меньшее — при применении гипсового щебня, а также при сложном составе бетона (песок, гравий, гипс). Введение в качестве заполнителя древесных опилок понижает прочность отливок в большей степени, чем введение указанных выше заполнителей. Следует иметь в виду, что нарастание прочности будет происходить до полного высыхания отливки и в течение большого промежутка времени. При производстве гипсо-глиняных блоков в демпферный гипс можно вводить глину (и опилки) в пропорции 1 : 6.

Демпферный гипс показывает значительное повышение температуры в затвердевающем тесте (см. табл. 15).

Таблица 15

Изменение температуры в затворенном гипсе

Время после затворения в мин.	Температура гипса в °С	
	1-й опыт	2-й опыт
0	17,0	6,5
10	38,6	20,0
20	39,1	32,7
30	36,3	44,9
40	33,6	45,0
50	31,8	45,0
60	28,5	45,0

Примечание. При втором опыте затворение велось на холодной воде и температура измерялась с большей точностью.

Высокую температуру в затворенном гипсе следует отнести за счет малого водогипсового отношения.

Эта температура ( $40 \div 45^\circ$ ) постепенно снижается в течение последующих  $1 \div 1,5$  часа (всего после затворения —  $2 \div 2,5$  часа). Это обстоятельство делает возможным употреблять в дело гипсовые изделия сразу по их изготовлении, без сушки, и ведение бетонирования на гипсе зимой без утепления.

Выше отмечалось, что демпферный гипс — воздушный вяжущий материал, следовательно, он, как и все гипсовые вяжущие<sup>1</sup>, не гидравлический, и во влажном состоянии его прочность снижается (табл. 16).

<sup>1</sup> О негидравлическости ангидритового цемента см. Будников П. П. [1], стр. 162; эстрих-гипса — Юнг В. Н. [2], стр. 84.

№ образца	Условия хранения	Время хранения в воде	Временное сопротивление в $\text{кг/см}^2$ в возрасте (после извлечения из воды)					
			сжатию			растяжению		
			1 час	1 сутки	7 суток	1 час	1 сутки	7 суток
98	Опущены в воду после изготовления сразу . . . . .	1 час	112	132	173	16,3	10,3	30,1
98	То же . . . . .	1 сутки	95	117	129	13,1	13,6	30,0
98	То же . . . . .	7 суток	56	80	95	10,3	11,5	19,3
101	Опущены в воду после изготовления через 1 сутки . . . . .	10 час.	—	99	180	—	22,0	25,6
99	То же " 1 " . . . . .	1 сутки	97	110	130	14,7	16,3	21,3
99	" " 1 " . . . . .	1 " "	70	125	128	12,7	17,5	18,3
99	" " 1 " . . . . .	6 суток	51	71	110	9,3	10,0	17,5
99	" " 3 " . . . . .	1 сутки	100	120	141	15,0	17,5	20,3
99	" " 6 " . . . . .	1 "	117	120	151	15,1	17,0	31,0
108	Хранились попеременно—12 час. в воде, 24 часа на воздухе . . . . .	—	—	121	230	—	28,1	30,7
100	Хранились все время над водой . . . . .	—	90	110	196	16,5	24,5	41,3
102	Хранились на воздухе . . . . .	—	172	177	220	23,5	23,0	27,9
107	То же . . . . .	—	190	207	218	22,1	22,0	29,3

Полученные результаты не дают еще права делать окончательные выводы, дальнейшие испытания производятся. Приблизительно можно сказать, что во влажном состоянии гипсовые изделия теряют в прочности около 40%. При высыхании прочность изделий восстанавливается. Переменные условия нахождения изделий в воде и на воздухе даже увеличивают прочность (образец № 108). Время вторичного нарастания прочности зависит от длительности пребывания изделия на воздухе и в воде после изготовления.

Водостойкость гипса увеличивается при добавке извести, или известково-смоляной эмульсии, или цемянки.

Гипс атмосфероустойчив.

От агрессивных вод гипсовые изделия следует защищать обмазкой поверхности битумом, гудроном и т. п.

Удельный вес демпферного гипса . . . . .  $2,70 \div 2,90$

Объемный вес (насыпной) . . . . .  $0,85 \div 0,95 \text{ т/м}^3$

Объемный вес изделия . . . . .  $1,40 \div 1,60$  "

с камышом . . . . .  $0,6 \div 0,7$  "

Коэффициент теплопроводности . . . . .  $0,32 \div 0,351$  "

Гипс характеризуется высокими огнезащитными свойствами, удовлетворяет требованиям невоспламеняемости и огнестойкости и выдерживает кратковременное действие высоких температур, без ощутимой потери при этом прочности и появления признаков деформации. Высокие теплоизолирующие свойства гипса позволяют применять его для надежной защиты несущих (чаще всего металлических) частей сооружения. Низкий коэффициент линейного расширения гипса предотвращает появление трещин при изменении температуры. Гипс может противостоять действию водяной струи высокого давления.

<sup>1</sup> Испытания проф. Слободяника И. Я., 1942.



го в лаборатории американских страховых обществ, приводит акад. П. П. Будников<sup>1</sup>: «Перегородка из 75-мм пустотелых гипсовых камней в течение 2 час. находилась в сфере действия пламени при температуре 930°, после чего была сразу облита водой в течение 5 мин. Никаких разрушений и отслаиваний при этом не было замечено. После 2 час. действия указанной температуры на поверхности другой стороны стены температура поднялась только на 30° выше комнатной».

Гипс в отличие от других строительных материалов не только не разрушается от длительного воздействия сернистых газов в присутствии влаги, но прочность его даже возрастает, и поэтому гипс с большой выгодой может применяться в цехах химических заводов, литейных, кузницах, депо.

В заключение приводим сравнительные данные для различных видов гипса и портландцемента (см. табл. 17).

Сравнительные данные для различных видов гипса

Таблица 7

Способ производства	Содержание гидрат- ной воды в %	Водопоглощение для нормальной густоты	Сроки схваты- вания		Временное сопротивле- ние в кг/см <sup>2</sup> в возрасте 7 суток		Расходы на 1 т продукции	
			начало	конец	сжа- тию	растя- же- нию	топлива услов- ного в кг	электро- энергии в квт-ч
1. Печной . . . . .	7,5	65	6'	12'	40	13	71,0	—
2. Варочный . . . . .	6,0	65	5'	10'	40	16	54,8	—
3. Поплавского . . . . .	7,58	50	17'	23'30"	86	19,8	47,6	19,2
4. Манжурнета . . . . .	5,50	63	4'30"	9'00"	—	19,8	44,0	14,7
5. Обжиг во взвешен- ном состоянии (Реми-Бютнер) . . . . .	5,10	—	—	10'	148	23,6	51,4	14,2
6. Автоклавный (Якша- ров) . . . . .	6,98	45	1'	2'	80	21,7	—	—
7. Автоклавный (Пере- дерий) . . . . .	—	56	5'	—	126	23,2	—	—
	9,37	65	2'30"	3'30"	293	50	—	—
8. Эштрих-гипс . . . . .	—	35	5 час.	12 час.	—	33	—	—
					100	10	—	—
9. Гипс ЛОР . . . . .	—	45	1 час.	2 часа	150	25	—	—
					237	32	—	—
10. Ангидрит-цемент . . . . .	—	36,5	1 час.	3 часа	286	38	—	—
					100	25	—	—
11. Демпферный . . . . .	6,40	35	4'	6'	160	30	—	—
					340	44	40,0	13,0
12. Портландцемент . . . . .	—	25—30	1—2 час.	5—8 час.	280	38	—	—
					400	50	—	—

Примечания. 1. Знаменатель в дробных показателях представляет прочность в 28-дневном возрасте.

2. Показатели по способу Передерия приводятся по опубликованной статье и акту испытаний.

<sup>1</sup> Труды конференции по новым стройматериалам, стр. 71, 1931.

## **VII. ОБЛАСТИ И ЭКОНОМИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ГИПСА**

Учитывая описанные выше свойства высокопрочного демпферного гипса, опыт его применения на площадке, а также опыт применения гипсовых вяжущих, возможно и целесообразно рекомендовать выполнять из высокопрочного демпферного гипса в чистом виде и с заполнителями следующие строительные конструкции, изделия и работы.

### **А. Бетон и бетонные изделия**

1. Монолитные гипсобетонные конструкции, армированные железом, а в дальнейшем (после окончания исследований) также и деревом.

2. Гипсобетонные сборные плиты типа ГИС, армированные железом.

3. Гипсобетонные сборные балки пустотелые (типа БЗ) и полнотелые армированные железом, пролетом 2 м и более.

4. Гипсобетонные балки-прогоны, армированные железом пролетом 6 ÷ 8 м.

5. Фундаменты под оборудование.

### **Б. Стены и перегородки**

6. Стены промышленных и других зданий из гипсобетона в подвижной опалубке.

7. Каркасные стены из сборных балок и плит.

8. Гипсобетонные блоки, не армированные и армированные деревянными рейками.

9. Пустотелые и армированные плиты для перегородок.

10. Стеновые блоки с заполнителями (шлак, песок, гравий, глина, щебень, опилки и др.). Обе поверхности блоков при производстве могут быть офактурованы.

11. Растворы для каменных, кирпичных, блочных и бутовых кладок.

### **В. Кровли и полы**

12. Гипсолитовые кровли (монолитные или из сборных плит) безрулонные с битумной окраской.

13. Гипсо-песчаные стяжки под рулонные кровли.

14. Гипсовые полы с укреплением поверхности квасцами, гипсо-глиняные полы.

### **Г. Отделочные работы**

15. Облицовка каркасных зданий гипсолитовыми плитами.

16. Плиты сухой штукатурки.

17. Облицовочные гипсовые плиты с укреплением поверхности квасцами и приданием цвета — рисунка добавкой краски или окраской.

### **Д. Теплоизоляция и огнезащита**

18. Теплоизоляционные плиты с заполнением стеблями, стружками и т. п.

ками.

20. Гипсовые элементы для огнезащиты металлических конструкций.

### Е. Прочие

21. Замазка для остекления окон из гипса-глины-нефти.

22. Производство искусственного мрамора.

23. Архитектурные, скульптурные и лепные украшения.

После проведения соответственных опытных работ можно будет решить вопрос о применении демпферного гипса для изготовления изоляторов, электрощитов и т. п., а также для тампонирования скважин.

Расход гипса-порошка на  $1 \text{ м}^3$  отливки, а также объемный вес отливки зависит от водогипсового отношения (рис. 18).

При применении гипса арматуру в железобетоне желательно покрывать битумом (или гудроном с керосином) для защиты от коррозии, а поверхности фундаментов — слоем битумного лака для предохранения от действия воды.

Вообще же придание гипсу большей водостойкости достигается пропитыванием готовых сухих изделий раствором квасцов, буры, цинкового и железного купороса (последний также окрашивает в желтый цвет). Для пропитки можно применять и жидкое стекло с последующей обработкой вновь высушенных изделий хлористым кальцием или хлористым барием; при этом из растворимого стекла образуется нерастворимый щелочноземельный силикат, заполняющий поры в гипсовой массе. Могут применяться также органические вещества — стеарин, парафин, олифа, воск, мыльные растворы, декстрин и т. п.

Уменьшение теплопроводности и звукопроницаемости гипсовых изделий достигается изготовлением пористого (ячеистого) гипса<sup>1</sup> путем добавки при затворении некоторых измельченных минеральных солей (алюминиево-калиевые или обыкновенные квасцы) и мела, того и другого в количестве 20% от веса гипса. В результате происходящей реакции в присутствии воды выделяется газообразная углекислота, вспучивающая несхватившийся гипс,

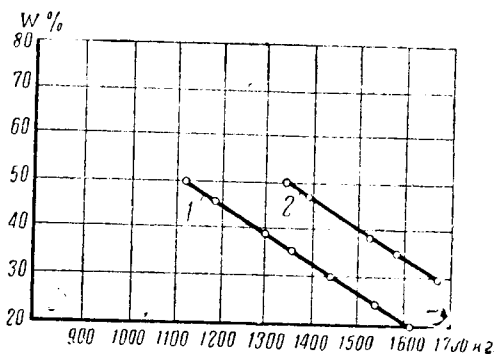


Рис. 18. Зависимость расхода гипса и объемного веса отливки от водогипсового отношения:

1—расход гипса на  $1 \text{ м}^3$ ; 2—объемный вес после высушивания в  $\text{кг/м}^3$

<sup>1</sup> Лапшин, Ячеистый гипс, журнал «Строительная промышленность» № 2, 1929.

вследствие чего образуются мелкие замкнутые ячейки. Соли могут заменяться серной кислотой, мел — содой. Расход гипса-порошка на 1 м<sup>3</sup> ячеистого гипса составляет 500÷600 кг при водогипсовом отношении около 70%; объемный вес ячеистого гипса — 0,6 ÷ 0,8 т/м<sup>3</sup>.

Экономика производства высокопрочного гипса характеризуется приводимой ниже калькуляцией (табл. 18), подсчитанной для завода производительностью в 19 060 т в год. При большей производительности завода, например для завода на 6 демпферов по 11 м<sup>3</sup> производительностью в 48 000 т в год, стоимость уменьшается.

Таблица 18

Калькуляция стоимости производства 1 т демпферного гипса

Элементы калькуляции	Единица измерения	Количество на 1 т гипса	Цена единицы руб.	Сумма на 1 т гипса руб.
<b>I. Прямые расходы</b>				
1. Гипсовый камень . . . . .	т	1,25	15,00	18,75
2. Топливо . . . . .	т	0,04	45,00	1,80
3. Вода . . . . .	м <sup>3</sup>	0,2	0,50	0,10
4. Электроэнергия . . . . .	квт-ч	13,0	0,13	1,69
5. Заработная плата . . . . .	чел.-дней	0,43	10,90	4,72
Дополнительная зарплата . . .	—	—	—	0,68
Начисления . . . . .	—	—	—	0,51
<b>Всего прямых расходов</b>	—	—	—	28,25
<b>II. Косвенные расходы</b>				
6. Цеховые расходы:				
Амортизация . . . . .	—	—	—	1,60
Текущий ремонт . . . . .	—	—	—	0,57
Общее содержание цехов . . .	—	—	—	1,16
Прочие цеховые расходы . . .	—	—	—	0,47
<b>Всего цеховых расходов</b>	—	—	—	3,80
<b>Цеховая себестоимость . . . .</b>	—	—	—	32,05
<b>III. Общезаводские расходы</b>				
Зарплата с начислением . . . .	—	—	—	2,06
Амортизация и ремонты . . . .	—	—	—	0,12
Прочие общезаводские расходы	—	—	—	1,05
<b>Всего общезаводских расходов . . . . .</b>	—	—	—	3,23
<b>Полная себестоимость . . . . .</b>	—	—	—	35,28

Такие факторы, как, например, жилищное строительство и благоустройство, вследствие незначительного числа необходимого персонала оказывают незначительное влияние на стоимость продукции.

Для сравнения приводим стоимость 1 т вяжущих<sup>1</sup>.

Цемент марки 300 . . . . .	107,47 руб.
Ангидрит-цемент . . . . .	140,00 „
Алебастр . . . . .	60,38 „
Известь негашеная . . . . .	50,45 „
Демпферный гипс . . . . .	35,28 „

Таким образом можно сказать, что демпферный способ производства является самым рентабельным из существующих способов производства минеральных вяжущих.

Экономика применения демпферного гипса несколько отлична от портландцемента и алебаstra; от цемента демпферный гипс отличается необходимостью введения меньшего количества заполнителя, а от алебаstra, наоборот, возможностью повысить количество заполнителя, так как прочность демпферного гипса это позволяет.

Табл. 19, 20 и 21 показывают экономическую эффективность применения демпферного гипса. Чтобы чрезмерно не усложнять расчетов, в таблицах не учитывается эффективность, происходящая от местного характера демпферного гипса и ускорения производства строительных работ, вследствие быстрого нарастания прочности, а последнее обстоятельство играет значительную роль; достаточно сказать об увеличении оборачиваемости инвентарной опалубки, форм для штучных изделий и т. п.

Таблица 19

**Стоимость материалов для приготовления бетонов (на 1 м<sup>3</sup> бетона)**

Наименование	Единица измерения	Цена единицы		На цементе		На демпф. гипсе	
		франко-завод	фр.-строительство	количество	стоим.	количество	стоим.
Цемент . . . . .	т	107,47	120,00	0,30	36,00	—	—
Гипс демпферный . . .	„	35,28	46,30	—	—	0,50	23,20
Песок . . . . .	м <sup>3</sup>	4,00	23,40	0,60	14,00	0,38	8,90
Гравий . . . . .	„	8,25	48,00	0,90	43,20	—	—
Щебень кирпичный . .	„	9,00	23,90	—	—	0,75	17,90
Известь . . . . .	т	50,45	63,00	—	—	0,03	1,90
Итого . . . . .					93,20	96,00	51,90

<sup>1</sup> По справочнику укрупненных сметных норм, ОНТИ, 1937 и другим источникам.

## Стоимость материалов для приготовления растворов (на 1 м³ раствора)

Наименование	Единица измерения	Цена единицы		Марка 15				Марка 50			
		фр.-завод	фр.-строи-тельство	На известк.-цем. раство-ре		На гипсе		На цементе		На гипсе	
				коли-чество	стои-мость	коли-чество	стои-мость	коли-чество	стои-мость	коли-чество	стои-мость
Цемент . . . . .	т	101,67	114,10	0,10	11,40	—	—	0,24	27,50	—	—
Гипс демпферный . . . . .	„	35,28	46,30	—	—	0,20	9,30	—	—	0,35	16,20
Известь . . . . .	„	50,45	63,00	0,13	8,20	0,15	9,50	0,06	3,80	0,15	9,50
Песок . . . . .	м³	4,00	23,40	1,17	27,40	0,40	9,40	1,07	25,00	0,40	9,40
Глина . . . . .	„	0,57	18,80	—	—	0,80	15,00	—	—	0,70	13,20
Нефтяные отходы . . . . .	т	—	40,00	—	—	0,05	2,00	—	—	0,03	1,20
—	—	—	—	—	47,00	—	45,20	—	56,30	—	49,50

## Материалы для стен

Таблица 21

Наименование	Объем-ный вес т/м³	Коэффициент теплопро-водности	Толщина стены (равной тепло-проводности) в см	Вес 1 м² стены в т
Кирпич глиняный . . . . .	1,75	0,70	51	0,89
„ силикатный . . . . .	1,85	0,75	55	1,02
Бетон на цементе . . . . .	2,10	1,20	88	1,85
„ „ демп. гипсе . . . . .	1,30	0,50	36	0,47
Б л о к и:				
Бетонные пустотные . . . . .	1,60	0,65	47	0,75
Глиняные . . . . .	1,30	0,50	36	0,47
Гипсоглиняные пустотные . . . . .	1,05	0,38	28	0,29
Гипсошлаковые . . . . .	0,95	0,30	22	0,21
Пенобетонные . . . . .	0,80	0,25	18	0,12
Пеногипсовые . . . . .	0,50	0,18	13	0,07

Влияние на удешевление строительства при применении демпферного гипса окажет и уменьшение веса стен и несущих конструкций. Решающим фактором должна явиться выработка специфичных для демпферного гипса конструкций и приемов работ, отличных от таковых для цемента и других вяжущих, которые должны полностью использовать возможности гипса и тем будут способствовать дальнейшей индустриализации и ускорению строительства, а следовательно, и его удешевлению.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ГИПС СТРОИТЕЛЬНЫЙ ВЫСОКОПРОЧНЫЙ (ПРОЕКТ) <sup>1</sup>

1. Гипс строительный высокопрочный — продукт, состоящий из полуводного гипса, получаемый обработкой гипсового щебня паром под давлением с последующей немедленной просушкой и перемолом.

2. Гипс разделяется на марки в зависимости от его временного сопротивления сжатию и растяжению через 7 суток после затворения. Марки гипса обозначаются по временному сопротивлению сжатию: 150; 200; 250; 300; 400.

3. Гипс должен удовлетворять требованиям, указанным в табл. 1.

Таблица 1

## Основные физико-механические свойства высокопрочного гипса

Показатели	Марки				
	150	200	250	300	400
<b>Сроки схватывания в минутах*</b>					
Начало не ранее . . . . .	3	3	3	4	5
Конец не ранее . . . . .	5	5	5	6	7
Конец не позднее . . . . .	30	30	30	30	80
<b>Временное сопротивление сжатию в кг/см<sup>2</sup> кубиков 7×7×7 см</b>					
в возрасте 1 часа не менее . . . . .	75	100	125	150	200
в возрасте 24 час. . . . .	90	120	150	180	240
в возрасте 7 дней . . . . .	150	200	250	300	400
<b>Временное сопротивление растяжению в кг/см<sup>2</sup></b>					
в возрасте 1 часа не менее . . . . .	15	18	20	23	27
в возрасте 24 час. . . . .	18	22	25	28	33
в возрасте 7 дней . . . . .	25	30	35	40	50
<b>Тонкость помола—остаток в % к навеске по весу не более:</b>					
на сите 64 отв/см <sup>2</sup> . . . . .	4	4	4	4	4
на сите 900 отв/см <sup>2</sup> . . . . .	8	8	8	8	8

Примечания. 1. Приведенные показатели относят к образцам воздушного хранения (при  $T=+15, +25^{\circ}$ ).

2. При производстве высокопрочного гипса допускается введение специальных проверенных добавок в целях регулирования сроков схватывания, показателей механической прочности и водостойкости.

4. Правила приемки—см. § 6 и 7 ГОСТ 125-41.

5. Методы испытаний—см. § 8, 9, 10, 11, 12 ГОСТ 125-41.

<sup>1</sup> Составлен Центральным научно-исследовательским институтом промстрой-  
жений—ЦНИПС.

Примечания. 1. Определение временного сопротивления сжатию производится на трех образцах-кубиках размером  $7 \times 7 \times 7$  см (на каждый срок). Для изготовления образцов берут навеску гипса, равную примерно 1500 г, и готовят кубики соответственно указаниям § 11 ГОСТ 125-41. По прошествии соответствующего срока—1 час., 24 часа и 7 дней—образцы подвергаются испытанию на прессе. В каждый срок раздавливается по три образца. Временное сопротивление сжатию определяется как среднее из двух наибольших результатов.

2. Образцы на разрыв и сжатие освобождаются из форм через 30 мин. и помещаются на открытые полки в сухом и теплом помещении или в сушильный шкаф.

6. Гипс высокопрочный отправляют навалом в закрытой таре, в мешках или в бочках. Каждую отправляемую партию, независимо от ее величины, снабжают, за подписью ответственного лица, заводским паспортом, в котором указывают: номер паспорта и дату его составления, наименование и адрес завода-изготовителя, наименование и марку гипса, вес поставляемой партии, сроки схватывания (указав «с замедлителем», если таковой добавлен), тонкость помола, временное сопротивление сжатию и растяжению.

Примечание. Партию величиной менее 16 т снабжают по требованию потребителя паспортом из основания данных заводского текущего контроля производства.

7. Гипс хранят в помещениях, защищаемых от атмосферных осадков, поверхностных и грунтовых вод.

При транспортировании гипс должен быть защищен от атмосферных осадков.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО ГИПСА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

(ПРОЕКТ).<sup>1</sup>

#### I. Общие указания

Высокопрочный гипс отличается от обычного строительного гипса (ГОСТ 125-41) более высокими показателями прочности на сжатие ( $R_{7\text{ см}} = 150-400 \text{ кг/см}^2$ ) и растяжение  $R_{7\text{ п}} = 25-50 \text{ кг/см}^2$  и меньшим расходом воды, потребной при затворении (нормальная густота теста 35—40%). Прочие свойства высокопрочного гипса в основном не отличаются от свойства обычного строительного гипса.

Существующие приемы конструирования и расчета стен при применении обычного строительного гипса (изложенные в «Сборнике руководящих материалов и консультаций по строительству» № 8, 1942 г.) остаются в силе и для высокопрочного гипса.

#### II. Область применения

1. Высокопрочный гипс является воздушным вяжущим веществом и предназначен к применению при строительстве надземных зданий и сооружений:

- а) в растворах для каменных кладок;
  - б) в бетонах при изготовлении стеновых и перегородочных блоков и плит;
  - в) в бетонах при изготовлении фундаментов под оборудование и при устройстве полов;
  - г) в бетонах при изготовлении армированных и неармированных строительных деталей и конструкций;
  - д) при изготовлении теплоизоляционных материалов и деталей;
  - е) в качестве добавок—ускорителей твердения при изготовлении вяжущих.
2. Применение высокопрочного гипса в подземных сооружениях и кон-

<sup>1</sup> Составлен Центральным научно-исследовательским институтом промсооружений—ЦНИПС.



струкциях допустимо лишь в сухих прутках и при обязательной надежной гидроизоляции.

3. Не допускается применять высокопрочный гипс для сооружений и конструкций, подвергающихся постоянному воздействию воды или работающих в атмосфере с относительной влажностью более 60%.

### III. Растворы и бетоны

4. Марки растворов из высокопрочного гипса устанавливаются применительно к «Указаниям по проектированию и применению каменных конструкций в условиях военного времени (У-57-42) и «Указаниям по применению гипсовых растворов в каменной кладке» (У-41-42).

5. В растворах низких марок (марка 8 и ниже) применение высокопрочного гипса не должно иметь места.

6. Гипсобетон по прочности характеризуется марками, обозначающими временное сопротивление сжатию (в  $\text{кг/см}^2$ ) кубиков размером  $10 \times 10 \times 10$  см (для фракций до 40 мм) и  $20 \times 20 \times 20$  см (для фракций более 40 мм), изготовленных из бетона рабочего состава после 7-дневного хранения в сухих условиях (при  $T = +15^\circ$ ;  $T = +25^\circ$ ).

7. Устанавливаются следующие марки гипсобетонов: 140, 110, 90, 70, 50, 35, 25.

8. В целях повышения водостойкости и снижения водопоглощаемости гипсовых растворов и бетонов рекомендуется применять различные добавки — стабилизаторы, как, например, смолы (каменноугольные, торфяные, древесные), мазут, нефтеотходы, а также известь, известь с цемянкой и др. с обязательной предварительной проверкой действия стабилизаторов в лаборатории.

### IV. Армированный гипсобетон

9. Применение гипсобетона из высокопрочного гипса с рабочей арматурой в несущих конструкциях, ввиду малой практики и недостаточной изученности этого вопроса, допускается производить лишь в опытным порядке.

10. Металлическая арматура перед укладкой в дело должна быть предохранена от коррозии путем окраски битумным (асфальтовым) лаком или каменноугольной смолой.

11. Вследствие слабого сцепления арматуры с гипсобетоном необходима усиленная анкеровка стержней арматуры путем устройства увеличенных крюков Консидера с обмоткой их 2—3-мм проволокой и постановкой поперечных стержней. Рекомендуется также применение сварных сеток, витой крученой арматуры и арматуры периодического профиля.

12. Ввиду наличия значительных пластических деформаций в гипсобетонах при изготовлении армированных изделий и конструкций необходимо вводить в гипсобетон добавки, уменьшающие эти деформации. Добавки следует подбирать лабораторным путем; в качестве одной из них может служить добавка извести с цемянкой.

13. Расчет армированных гипсобетонных конструкций до установления специальных методов расчета следует производить по аналогии с обычными железобетонными конструкциями в соответствии с «Указаниями по проектированию и применению бетонных и железобетонных конструкций в условиях военного времени (У-37-42). При этом призмная прочность  $R_n$ , временное сопротивление сжатию при изгибе  $R_n$  и временное сопротивление растяжению  $R_p$  при расположении конструкций снаружи принимаются равными  $0,6 R_n$ ,  $0,6 R_n$  и  $0,8 R_p$ , а при расположении конструкций внутри здания и снаружи, в сухих условиях, равными  $0,8 R_n$ ,  $0,8 R_n$  и  $1,0 R_p$ .

14. При изготовлении из армированного гипсобетона монолитных конструкций перекрытий, стен, столбов и т. п. применяется пластичная смесь, сохраняющая при укладке свойства удобоукладываемости без побуждения (вибрации, трамбования), так как сотрясение ранее уложенных слоев гипсобетона, в которых уже протекает процесс схватывания и твердения, недопустимо. Как правило, применение замедлителя схватывания гипса в этих случаях обязательно.

15. Распалубку гипсобетонных конструкций, из-за образования прогибов, вследствие пластических деформаций, следует производить не ранее чем через

сутки. Прогонны, арки, рамы, балки, а также плиты с пролетом более 2 м рекомендуется распалубливать через 3 суток.

## **V. Термоизоляционные материалы из высокопрочного гипса**

16. Высокопрочный гипс может быть применен как вяжущее при изготовлении плит типа фибролитовых (с объемным весом 600—700 кг/м<sup>3</sup>) при следующем, примерно, объемном соотношении: 1 ч. гипса: 3 ч. стружек: 2 ч. опилок. Смесь готовится полусухая и укладывается с применением вибрации и легкой допрессовкой до момента затвердевания гипса.

17. Высокопрочный гипс может быть применен как вяжущее при изготовлении пеногипса с объемным весом 350 кг/м<sup>3</sup> и выше. Пенообразователи и способы приготовления те же, что и для обычного гипса (см. «Временную инструкцию по изготовлению и применению гипсовых и гипсобетонных мелких стеновых блоков системы Бульчева», Стройиздат, 1941).

## **ЛИТЕРАТУРА**

### ***I. Общие сведения о гипсе и способы производства гипса обработкой без давления***

1. Будников П. П., Гипс и его исследование, 2-е изд., Академия наук, Л., 1933.
2. Скрамтаев Б. Г., Герливанов Н. А., Мудров Г. Г., Строительные материалы, ч 1. Госстройиздат, М. — Л., 1940.
3. Юнг В. Н., Введение в технологию цемента, Госстройиздат, М. — Л., 1938.
4. Костырко Е. В., Текущие работы по новым строительным материалам, Сообщение ГИС № 12, ИНТИ, М., 1930.
5. Козлов Б. А., Обжиг вяжущих материалов во взвешенном состоянии, вып. 1, ОНТИ, М. — Л., 1936.
6. Элинзон М. П., Отделочный высокопрочный гипс в архитектуре, Академия архитектуры, М., 1940.
7. Черкасов И. В., Гипс, его производство и применение (популярная), Гизместпром РСФСР, М. — Л., 1941.
8. Под. ред. Мордвинова А. Г., «Как строить здания из гипса», Академия архитектуры, Чимкент, 1942.

### ***II. Способы производства гипса обработкой под давлением***

9. Рендель В. О. и Дейлей М. С., Обожженный гипс большой прочности и процесс его изготовления, патент (перевод). Чикаго, 1933.
10. Якшаров С. Ф., Вяжущие материалы, вып. 1. Средневожский институт сооружений. Статья Якшарова С. Ф., Автоклавный гипс, Москва — Самара, 1934.
11. Волженский А., Кордонская Р., Автоклавный гипс, статья в журнале «Строительные материалы» № 5, М., 1934.
12. Передерий И. А., Высокопрочный гипс ГП, статья в журнале «Промышленность строительных материалов» № 3, М., 1940.
13. Роговой М. И., О некоторых теоретических положениях получения автоклавного гипса.
14. Хомяков К. Г., К теории технологического процесса производства автоклавного гипса, статья в журнале «Промышленность строительных материалов» № 2, М., 1941.
15. Гецелев А. Б., Отчет по теме: «Испытания Куйбышевского и Дзержинского автоклавного гипса». Куйбышев, Институт сооружения, 1934.
16. Либерман М. Я., Отчет по теме № 14 — «Получено автоклавного гипса» Научно-экспериментальная станция Моссовета, М., 1939.
17. Разоренов А. С., Власова М. Т., Отчет по теме: «Получение опытной партии автоклавного гипса в целях его исследования» ГОСНИКИВ, М., 1941.

18. Копелянский Г. Д., Новые строительные материалы, Госстрой-  
здат, М.—Л., 1933.
19. Костырко Е. В., Новые строительные материалы, ГНТИ, М.—Л.,  
933.
20. Печуро С. С., Резак В. П., Производство и применение гипсовых  
строительных деталей, статья в журнале «Американская техника и промыш-  
ленность» № 5, 1941.
21. Печуро С. С., Производство сухой гипсовой штукатурки, статья в  
журнале «Американская техника и промышленность» № 6, 1941.
22. Басов М. А., Сухая штукатурка, Стройиздат, М.—Л., 1939.