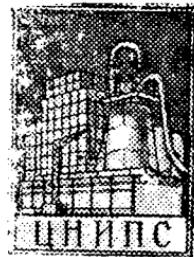


СССР. НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ по СТРОИТЕЛЬСТВУ
ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И Н С Т И Т У Т
ПРОМЫШЛЕННЫХ
С О О Р У Ж Е Н И Й



40
СООБЩЕНИЕ

Лаборатория строительных материалов

Инж. А. С. ШКЛЯР

179119

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ГИПС

Под редакцией проф. Б. Г. СКРАМТАЕВА

СТРОИЗДАТ 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 ЦНИГС.

нию высокопрочного гипса ЦНИПС обращается с просьбой ко всем производственникам, строителям и научным работникам присыпать 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 год¹.

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: Ранделля 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; Геце-

¹ „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 Ранделля 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, проведенные 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.

I. 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 лёсском («ганч», «арзык» — Средняя Азия) применяются после обжига для штукатурки и неответственной кладки.

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

Химический состав разновидностей гипса (в %)

Составные элементы	Двуводный		Полуводный	Безводный
	природный	теоретический состав		
CaO	32,1 \div 33,5	32,56	38,63	41,12
SO ₃	45,0 \div 47,5	46,51	55,16	58,88
H ₂ O гидратная	19,0 \div 20,9	20,93	6,21	—
MgO, K ₂ O ₃ , SiO ₂	0,1 \div 1,8	—	—	—
H ₂ O гигроскопическая . . .	0,1 \div 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 получаются 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. Глазенап 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 альбастра (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° , 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 скватываться, но обладает низкой прочностью.

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

7) При $T = 750 \div 800$ — 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 достичь 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° 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° ($135 \div 165^\circ$)».

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 кotle 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 омывается 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 омывают барабан сначала снаружи, затем проходят внутри и снова направляются в топку.

д) Печь Манжуриета. Гипсовый камень, измельченный до муки, проходит через печь за $12 \div 16$ мин. Печь омывается 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° , у выхода — 130° .

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 подсущенного 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° и до $1100-1200^{\circ}$ и затем измельчается.

б) Цемент Кина, париан-цемент и др. Двуводный гипс обжигается до полного обезвоживания, затем обрабатывается раствором квасцов, вторично длительно прокаливается при температуре $800-1000^{\circ}$ 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 $550-575^{\circ}$, охлаждается и затем измельчается.

г) Ангидритовый цемент (Будникова). Природный ангидрит или двуводный гипс, обожженный при температуре $600-750^{\circ}$, измельчается в тонкий порошок (остаток на сите 4 900 отв./см²—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 ($1-1,5\%$), кислый сульфат и медный купорос ($0,7$ и $0,8\%$), доломитовая пыль ($3-5\%$), основные гранулированные шлаки (15%) и др. Для облегчения помола природного ангидрита лучше предварительно обжигать его при температуре $500-750^{\circ}$.

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 обуславливается неоднородностью получаемого продукта (наличие в нем всех трех модификаций гипса — двуводной, полуводной и безводной), а также тем, что требуется большое количество воды для затворения, 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 жидким виде. Величина давления при пропаривании имеет влияние на форму образующихся кристаллов полуводного гипса. При низком давлении кристаллы получаются короткие, толстые, правильной формы. По мере повышения давления кристаллы становятся все более волокнистыми, длинными, иглообразными. Образуется губкообразная масса из длинноволокнистых кристаллов, требующая при затворении для доведения до пластичного состояния большего количества воды, чем масса из коротких несцепленных кристаллов, получаемых пропариванием при низком давлении [19] 1.

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

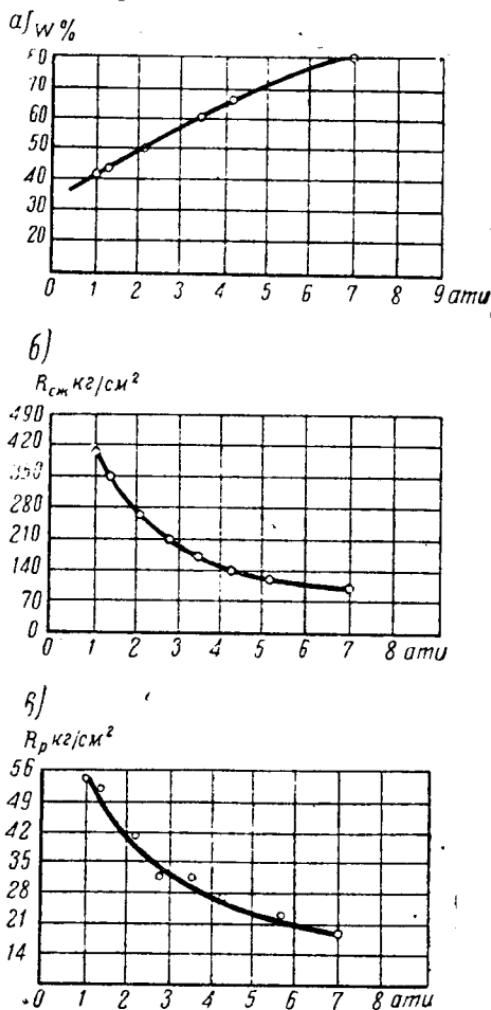


Рис. 1. Влияние давления при пропаривании:

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

¹ 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 двуводной модификации в полуводную находится, как было указано в гл. I, в пределах $107 \div 165^\circ$, 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° полуводный гипс присоединяет воду.

В процессе пропаривания около 5% гидратной воды (из общего количества $20,9\%$ содержащейся в двуводном гипсе, т. е. примерно одна четверть) уходит с конденсатом пара¹. Вторая часть процесса, следовательно, заключается в удалении оставшейся отщепленной воды. Эту часть процесса разные исследователи осуществляют по-разному:

1. Якшаров² [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 двуводной, образующейся вследствие охлаждения гипса при испарении воды (резкое парообразование воды, бывшей под давлением, при снятии такового и большое поглощение тепла при парообразовании³; б) большой водопотребностью для составления теста нормальной густоты, что обусловливается структурой гипса, полученного пропариванием при высоком давлении, которое необходимо при этом способе для аккумуляции тепла в гипсе⁴.

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

² Волженский и Кордонская [11], а также Гецелев [11] повторили работу Яшшарова и также проводили пропаривание при разных давлениях.

³ Указанием на происходящую обратную гидратацию пропаренного, но не высушенного 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 игл полугидрата, окруженных пленкой воды. Через 15 мин. лежания на воздухе при $T = 15^\circ$ иглы полугидрата постепенно группируются в агрегаты, окруженные пленкой воды. С дальнейшей потерей воды от высыхания эти образования приобретают показатель преломления 1,528—1,530, характерный для двугидрата. Через 24 часа лежания на воздухе образец в основном состоит из кристаллов гидрата неправильной формы» (Отчет Разоренова [16]).

⁴ 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° 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 Макнейль ведут процесс при низком давлении ($1,2 \div 1,3$ atu) и удаляют отщепленную воду в ротационной (барабанной) сушилке при температуре 120° . Гипс, получаемый по этому способу, обладает довольно высокими механическими качествами (временное сопротивление сжатию $175 \div 445$ кг/см²) 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 сушилке 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 двуводного гипса¹, б) совершенно не оправданное допущение теплотехнических потерь от охлаждения и в) резко удлиненная продолжительность высушивания².

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).

¹ 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 двуводный 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.

² 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 остыании гипса и сохранение температуры до сушки является излишним расходом тепла; 3) что после остыния гипс состоит из двух модификаций — «безводного растворимого ангидрита» и двуводного гипса, «излишняя» вода которого при последующем нагревании гидратирует растворимый ангидрит (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÷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÷1,3 ати ($T = 122,6\div124^\circ$), продолжительность—6÷8 час.
5. Продувание пропаренного щебня перегретым паром при $T = 160\div165^\circ$, продолжительность—0,5 часа.
6. Продувание (высушивание) горячим воздухом при $T = 160\div165^\circ$, продолжительность — 2÷3 часа.
7. Разгрузка демпфера.
8. Помол сухого продукта до тонкости, при которой продукт проходит через сито № 30 (900 отв./см²) без остатка.

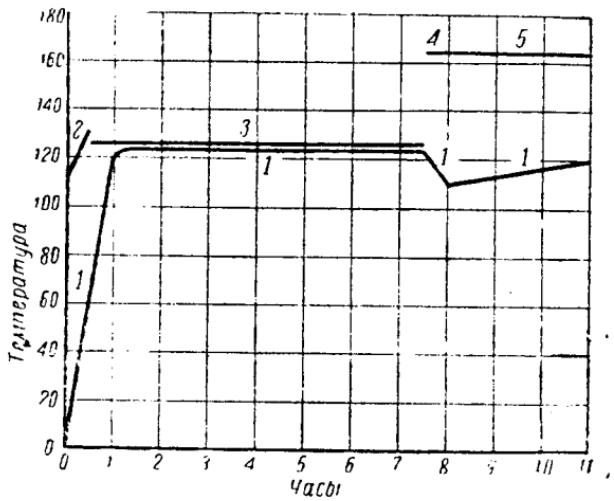


Рис. 2. Кривая температур в демпфере:

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÷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÷4 час., поэтому достаточна продолжительность пропаривания в 5÷6 час.; гипсы большой плотности потребуют несколько большей продолжительности — 6÷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÷165° является оптимальной, так как при этой температуре высушивание требует минимального времени и протекает без образования вполне обезвоженного гипса¹. Продолжительность продувания горячим воздухом (или очищенной от уносов смесью дымовых газов и воздуха) принята равной 2÷3 часа из соображений необходимости менее интенсивного высушивания. Увеличение продолжительности высушивания выше 2÷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 отводить 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-

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

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

100÷145° — сушка замедлена, продолжительность 12÷17 час..

150÷155° — «интенсивна» » 6,5÷7 час.

155÷165° — сушка может быть закончена за 5÷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.

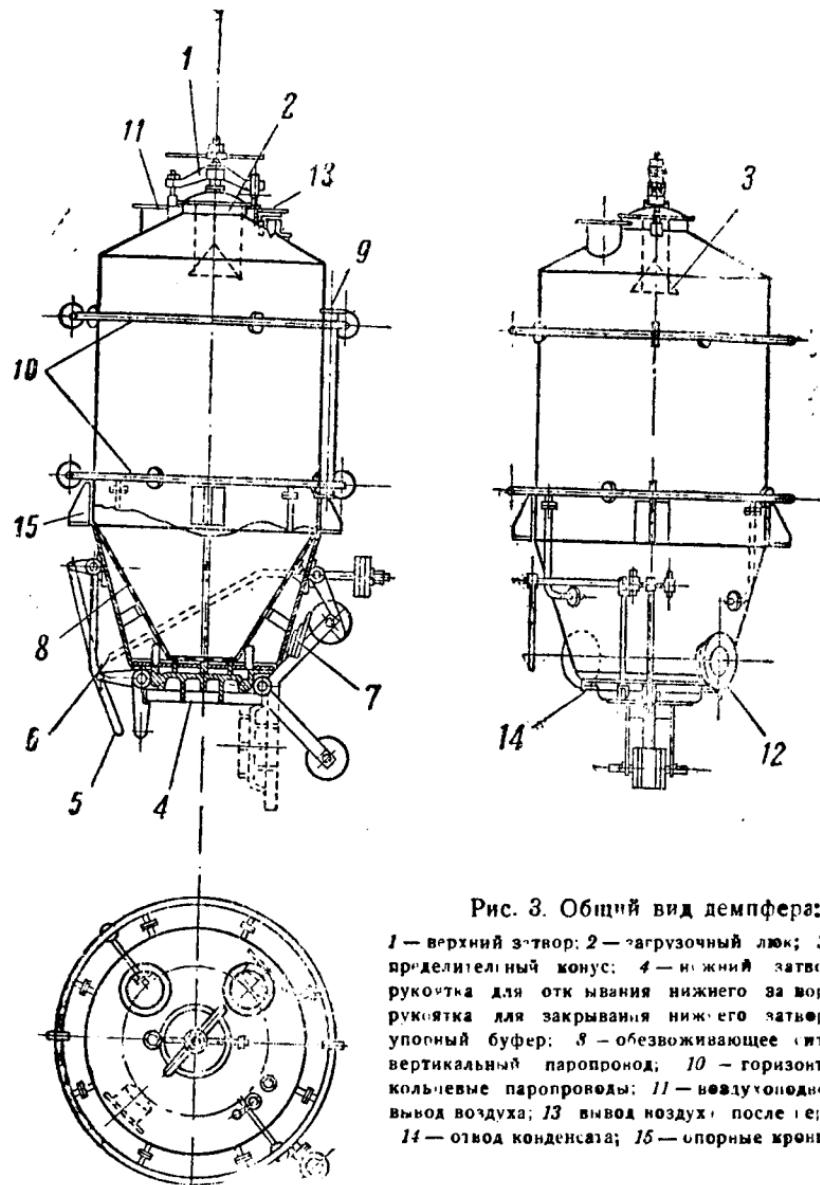


Рис. 3. Общий вид демпфера:

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 паропронод; 10 — горизонтальные кольцевые паропроводы; 11 — воздухоподвод; 12 — выпуск воздуха; 13 — вывод воздуха; после гидропуска; 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.

Демпфера 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).

Циклическость 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.

Кожебания 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.

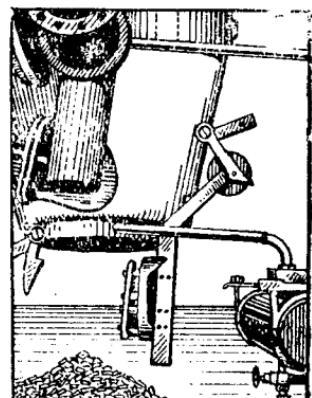


Рис. 4. Нижняя часть демпфера

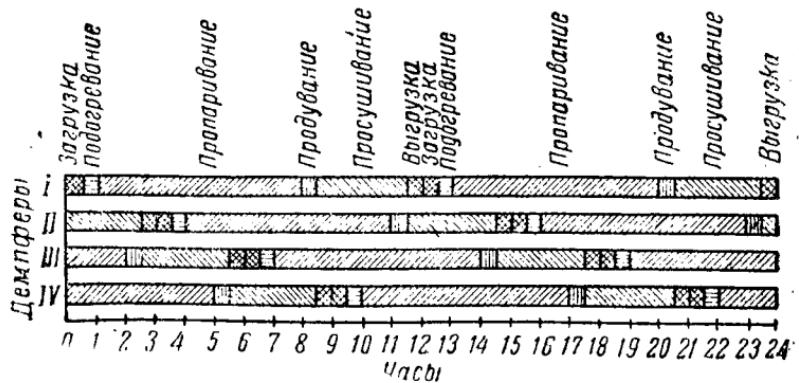


Рис. 5. График циклической работы при четырех демпферах

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

Тонкость помола незначительно влияет на сроки текучести, скватывания и нормальную консистенцию гипсового теста, а следовательно, и на прочность гипсовых отливок. Тонкость помола определяется назначением (применением) гипса. Для неответственных отливок тонкость помола может быть понижена и остаток на сите № 30 (900 отв./см²) может составлять около 30%¹.

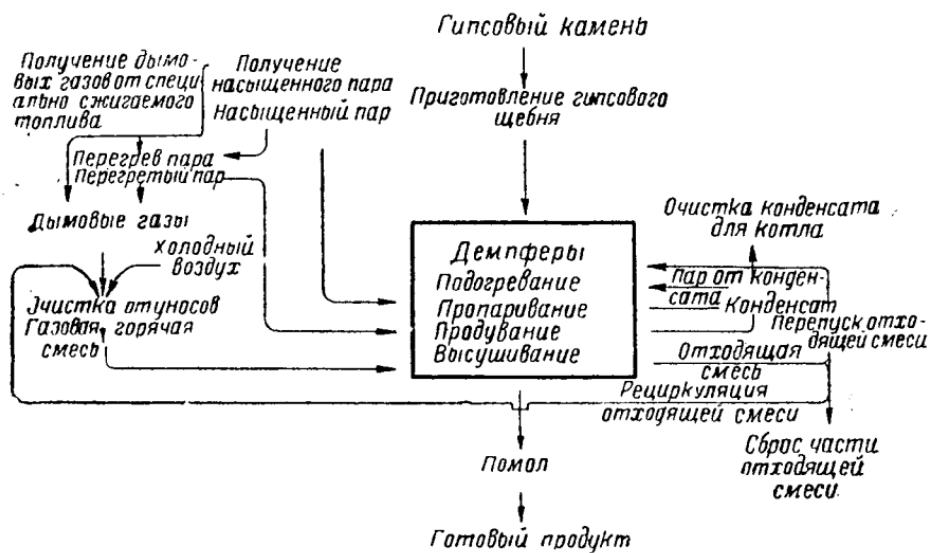


Рис. 6. Общая схема технологического процесса

Получаемый при пропаривании конденсат стекает в сборники, где находится под тем же давлением, что и пар в демпфере. При соединении сборника или нескольких сборников с демпфером, в котором находится подогретый гипсовый щебень (при этом сборники отключаются от демпферов, находящихся под давлением), конденсат, находящийся в сборнике под давлением, испаряется и заполняет демпфер, чем достигается уменьшение расхода пара. Остальное количество конденсата пропускается через водоочистку и возвращается для питания котла.

Сушильным агентом для высушивания пропаренного гипса может служить горячий воздух, нагретый в калорифере, или смесь дымовых газов с воздухом, очищенная от уносов в простейших отстойных камерах с фильтрами, которые при тщательном выполнении обеспечивают чистоту сушильного агента. В обоих случаях к сушильному агенту прибавляется в значительной доле рециркулируемая после продувания через демпфер отходящая смесь с незначительной частью холодного воздуха. Дымовые газы поступают от специального подтопка, а также от парового котла и пароперегревателя.

¹ Следует отметить, что иностранные стандарты предъявляют большие требования к тонкости помола, например, американский стандарт допускает остаток на сите № 40 (1 600 отв./см²)—6÷25%.

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 водоустойчивости, но имеет преимущество перед цементом в быстроте 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 продукта¹: 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 высшенного пропаренного гипса.

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

8) Низкая стоимость продукции.

¹ Даже включения в гипсе природного ангидрита превращаются при пропаривании в полуводичный 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.

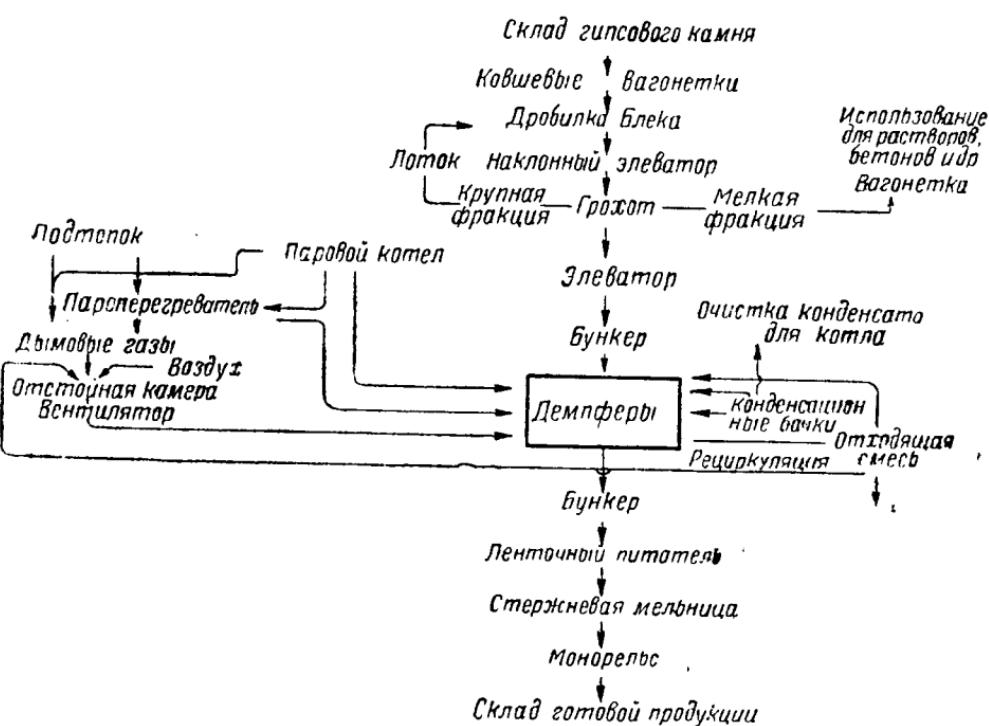


Рис. 7. Схема технологического процесса по оборудованию

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 вагонетками гипсового камня к дробильному отделению.

Оборудование дробильного и демпферного отделения (рис. 8 и 9) состоит из дробилки Блека 1, наклонного элеватора 2, течки 3 и барабанного грохota 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 скрапового подъемника на конце течки 8 устанавливается секторный затвор.

Элеватором 9 (или скраповым 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 демпфером¹. Во избежание расслоения щебня по крупности присыпании в бункер, связи между противоположными стенками выполнены из угольников, поставленных углом вверх. 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.

¹ 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.

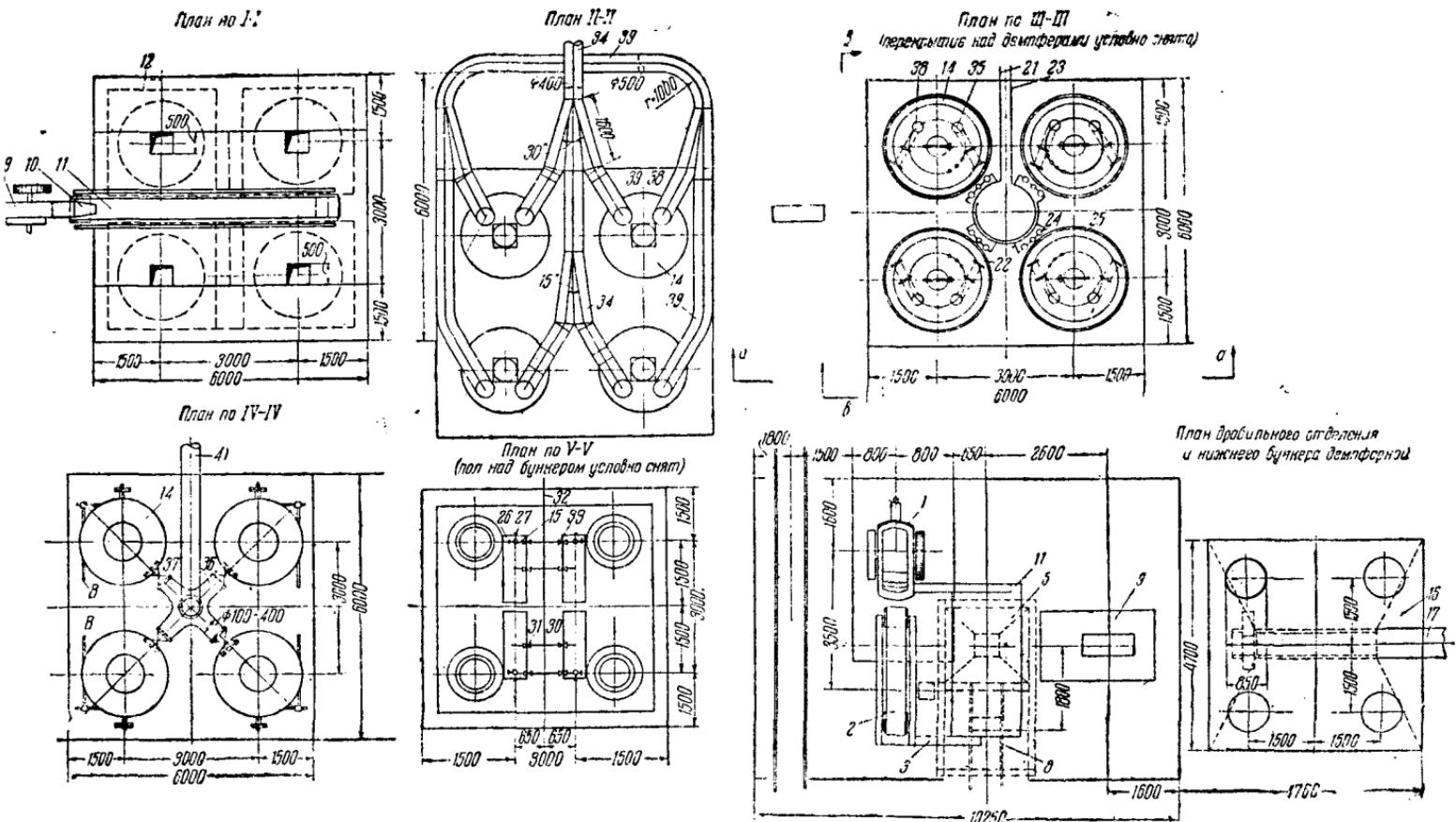
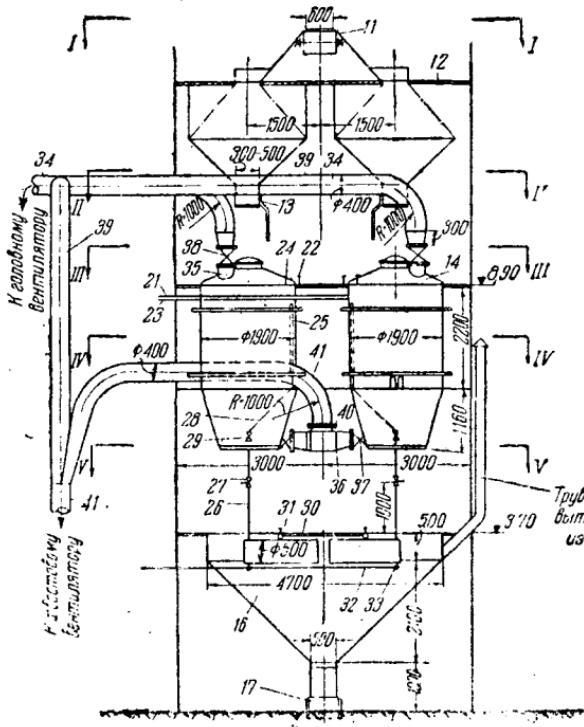


Рис. 8. Схема дробильного и демпферного отделения завода на 4 демпфера. Планы.

Разрез № 8-3



P03P22-05-A-A

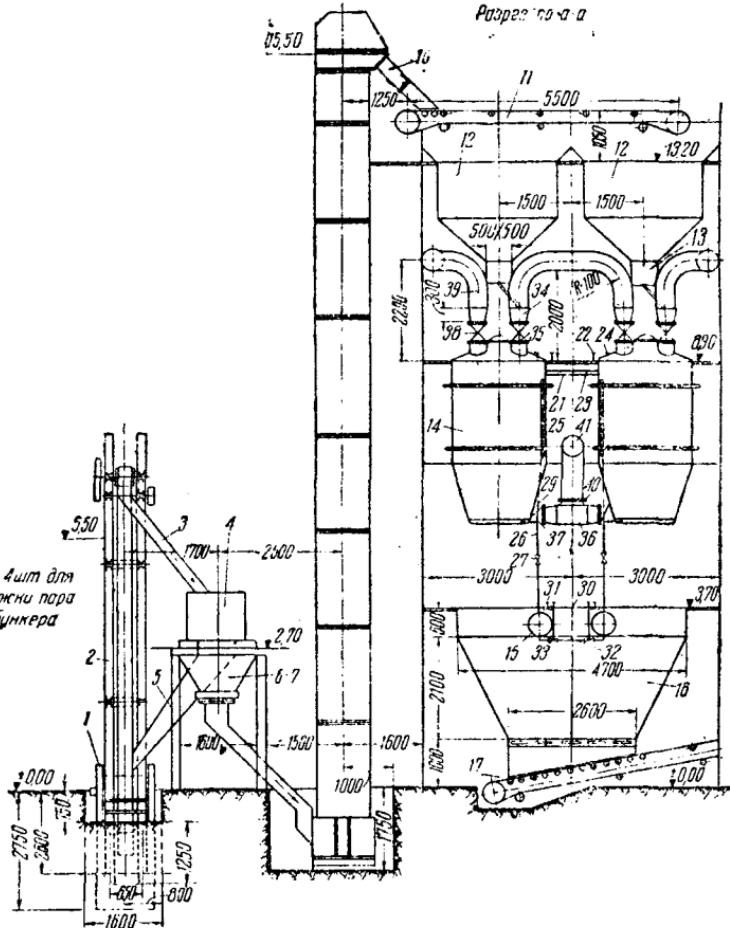


Рис. 9. Схема дробильного и демпферного отделения завода на 4 демпфера. Разрезы.

№ поз.	Оборудование	Количе- ство	Примечание
1	Дробилка Блека	1	Ш-5 400×230 мм
2	Элеватор № 1 наклонный	1	В-200 мм, Н—8 м
3	Течка от элеватора № 1 к грохоту	1	В-300 мм
4	Грохот барабанный	1	ССМ-108-А
5	Течка от грохота к дробилке	1	б—300 мм
6	Воронка № 1 для щебня фракции 15—50 мм	1	V=1 м ³
7	" № 2 15 мм	1	V=1 м ³ с шибером
8	Течка от воронки № 1 к элеватору № 2	1	В-300 мм
9	Элеватор № 2 вертикальный	1	Э-200-3, Н—16,4 м
10	Течка от элеватора № 2 к транспортеру № 1	1	В-300 мм
11	Транспортер № 1 ленточный	1	В-600 мм, l=5,5 м
12	Бункеры верхние	4	U _{пол} =700 м ³
13	Затворы секторные	4	500×500 мм, черт. № 544 Тип 2 V=7,0 м ³ , черт. № 3-+
14	Демпферы	4	+2/511
15	Сборники конденсатные	4	Ø 500 мм, l=1500 м
16	Бункер нижний	1	
17	Транспортер № 2 ленточный наклонный	1	B=600 мм, l=5 м
К о м м у н и к а ц и я			
21	Трубопровод для насыщенного пара	—	Ø 4", Трубы ОСТ 509 В
22	Вентилятор для впуска насыщенного пара в демпфер	4	2"
23	Трубопровод для перегретого пара	—	2". Трубы ОСТ 509 В
24	Вентилятор для впуска перегретого пара в демпфер	4	2"
25	Стояк паропровода демпфера	4	2". Трубы ОСТ 509 В
26	Трубопровод для отвода конденсата из демпфера	4	1 $\frac{1}{2}$ "
27	Вентиль для выпуска конденсата из демпфера	4	1 $\frac{1}{2}$ "
28	Трубопровод для отвода конденсата из стояка	4	1 $\frac{1}{2}$ ". Трубы ОСТ 509 В
29	Вентиль для выпуска конденсата из стояка	4	Ø 1 $\frac{1}{2}$ "
30	Трубопровод для перепуска конденсата между сборниками	—	Ø 1 $\frac{1}{2}$ ". Трубы ОСТ 509 В
31	Вентиль для перепуска конденсата	4	1 $\frac{1}{2}$ "
32	Трубопровод для отвода конденсата	—	1 $\frac{1}{2}$ ". Трубы ОСТ 509 В
33	Вентиль для сброса конденсата из сборника	4	Ø 1 $\frac{1}{2}$ "
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

Приложения: 1. Все отводы воздуховодов 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 воздуховоды) изолируются.

в следующем порядке:

1) Через нижний затвор проверяется чистота обезвоживающих сит и всего демпфера. Рукояткой (б—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 $1,2 \div 1,3$ ати 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 ($0,15 \div 0,25$ ати), 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 полудонного 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 стени (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 удлинен и установлен наклонно.

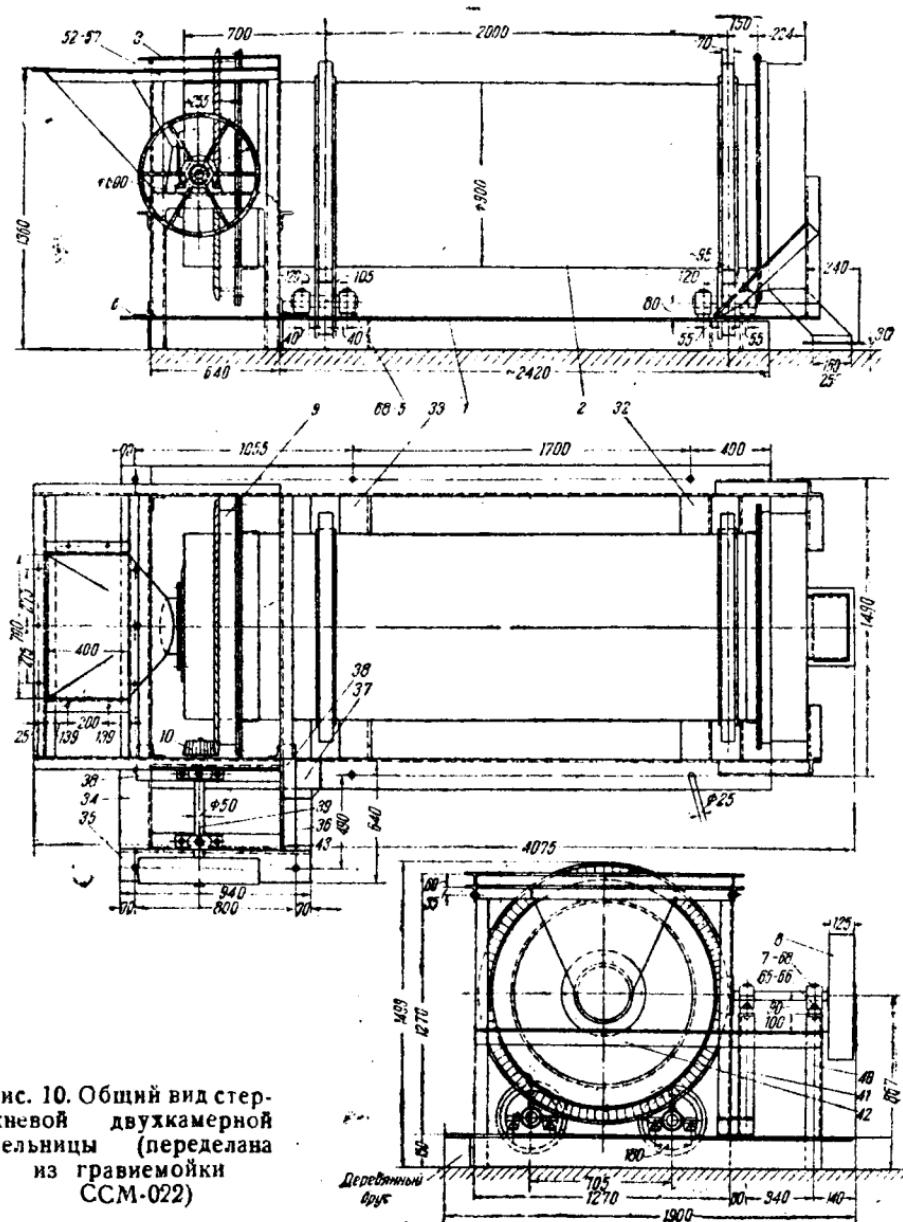
Помол производится на стержневой мельнице (рис. 10), которая целесообразна для помола материалов средней твердости.

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 неответственных 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 приемника у мельницы на отметку пола склада ($+1,20$), затем путем горизонтальной транспортировки доставить в любое место



СПЕЦИФИКАЦИЯ ДВУХКАМЕРНОЙ МЕЛЬНИЦЫ (к рис. 10)

№ поз.	Наименование	Количе- ство	Мате- риал	В е с		№ черт. или ОСТ	Примечания
				1 шт.	общ.		
1	Рама из уголка 150×150×16	1	Ст. 3	312	312	—	
2	Барабан	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	—	
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. диам.—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 L 65×55×10	1	Ст.-4	32,8	32,8	—	
19	Кольцо внутр. Ø 280 из L 50×40×8	4	Ст.-4	5,59	25,2	—	
20	Стержни Ø 50, l=1380	50	Ст.-5	30	900	—	
21	Стержни Ø 40, l=1350	10	Ст.-5	13,2	925	—	
22	Обод наружный, L 60×60×6, Ø ви. 900	1	Ст.-3	19,66	19,96	—	
23	Крышка торцевая Ø 1080, δ=4	1	Ст.-3	47	47	—	
24	Кольцо уплотнительное диам. нар. 1180; сеч. 7×75	1	Ст.-3	14,2	14,2	—	
25	Обод из L 40×40×6, диам. вн. 1100	1	Ст.-3	16	16	—	
26	Обечайка диам. нар. 1100 сеч. 216×4	1	Ст.-3	23,5	23,5	—	
27	Фронтовой 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 L 75×75×8	1	Ст.-3	21,8	21,8	—	
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	—	
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 2 10×210×10	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 L 75×75×8	1	Ст.-3	25,7	45,7	—	
41	То же	1	Ст.-3	21,8	21	—	
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, диам. нар. 540	1	Ст.-3	3,42	3,42	—	
46	Кольцо уплотнительное диам. нар. 410, сеч. 7×65	1	Ст.-3	3,9	3,9	—	

Для поз. 6 и 10

Дыры для под-
шипника
овальные

№	Наименование	Колич- ство	Мате- риал	В е с		№ черт. или ОСТ	Примечания
				1 шт.	общ.		
47	Кольцо диам. нар. 410, сеч. 26×8 .	1	Ст.-3	5	5	—	
48	Кольцо диам. вн. 258, L 20×20×4	1	Ст.-3	0,9	0,9	—	
49	Кольцо воронки δ=4	1	Ст.-3	1,7	1,7	—	
50	Воронка	1	Ст.-3	6	6	—	
51	Уголок 60×60×8, l=1390 смолко- ванный	1	Ст.-3	9,8	9,8	—	
52	То же, l=1390 размолкованный . . .	1	Ст.-3	9,8	9,8	—	
53	То же, l=1150	2	Ст.-3	10,5	21	—	
54	То же, l=420	2	Ст.-3	3,8	7,6	—	
						ОСТ	
55	Болт M 8×25	16	Ст.-3	0,014	0,22	20035-38 ОСТ	Для поз. 24
56	Гайка M 8	12	Ст.-3	0,005	0,07	НКТП 3310 ОСТ	
57	Болт M 12×25 т 1	12	Ст.-3	0,036	0,43	20035-38 ОСТ	Для поз. 2
58	Гайка M 12	240	Ст.-3	0,025	6,0	НКТП 3310 ОСТ	
59	Болт M 12×35 т 1	4	Ст.-3	0,017	0,07	20035-38 ОСТ	Для поз. 2
60	Болт M 20×70 т 1	16	Ст.-3	0,22	3,52	20035-38 ОСТ	Для поз. 5
61	Гайка M 20	16	Ст.-3	0,047	1,24	НКТП 3310 ОСТ	Для поз. 2
62	Болт M 12×30 т 8	52	Ст -3	0,04	2,08	20035-38	
63	Болт M 12×80 т 8	156	Ст.-3	0,03	4,58	То же	
64	Предохранитель 12×32×8	26	Ст.-3	0,003	0,13	— ОСТ	
65	Болт M 18×50 т 1	4	Ст.-3	0,148	0,6	20035-38 ОСТ	
66	Гайка M 18	4	Ст.-3	0,06	0,24	НКТП 3310 ОСТ	
67	Болт M 12×30 т 1	4	Ст.-3	0,04	0,16	20035-38	
68	Масленка „Штауфер“ 1/4	10	—	—	—	Нормаль	
69	Обод диам. вн. 900 из L 180×120×14	1	Ст.-3	107	107	— ОСТ	
70	Болт M 12×50 т 9	12	Ст.-3	0,07	0,84	20035-38	

Характеристика мельницы

Производительность 'теоретич.)	7 т/час
Мощность мотора	20 квт
Число оборотов мотора	750 об/мин
Диаметр шкива мотора	200 мм
Число оборотов барабана	34 об/мин
Общий вес мельницы	4785 кг
Вес врачающегося 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 борова 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, шиберах.

Опытом эксплоатации 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).

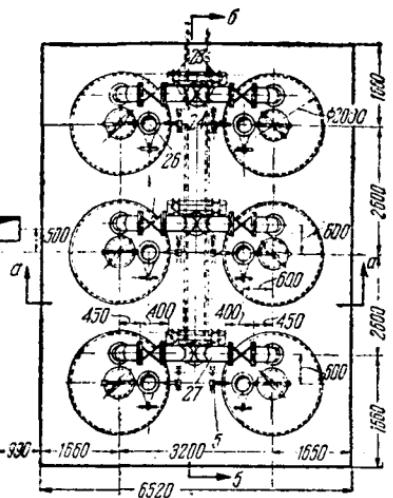
Характеристика демпферов

Таблица 1

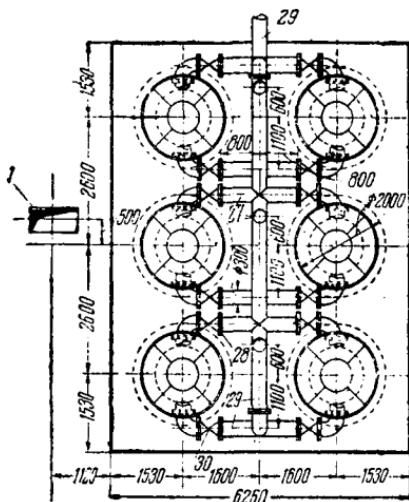
Элементы	Единица измерения	Типы	
		I	II
Объем заполнения	м ³	11,80	7,00
Диаметр котельной конструкции . . .	мм	2 200	1 900
Высота	"	4 800	3 800
Вес демпфера	т	3,3	2,2
Производительность одного демпфера:			
суточная	"	27,8	17,0
головая	"	8 000	5 000

Производительность завода складывается из производительности установленных демпферов.

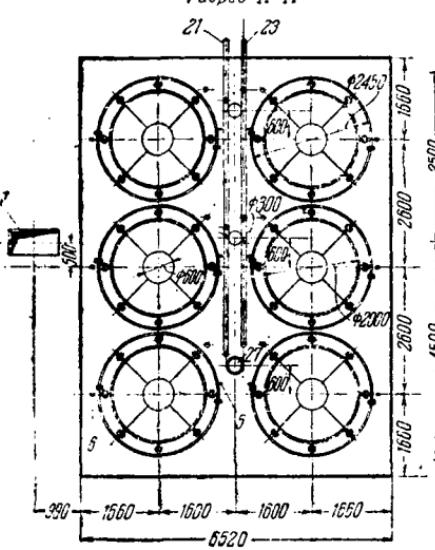
•азрез I-I



Раздел III-III



Разрез II-II



План 1^{го} этажа

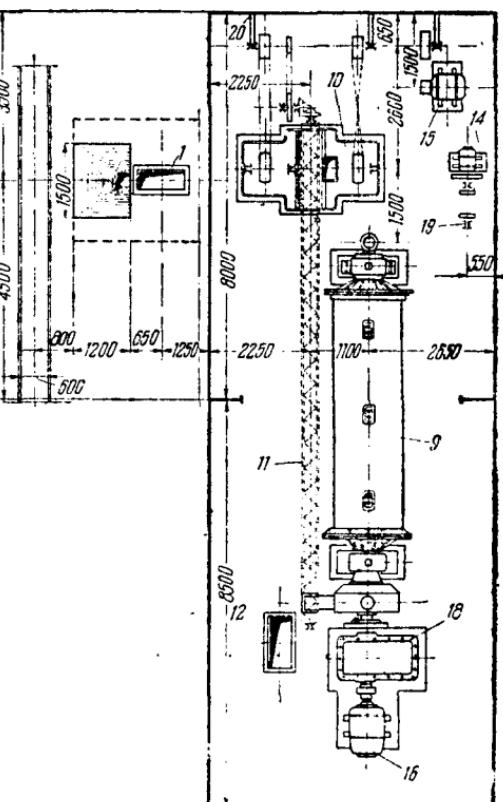


Рис. 11. Схема дробильного и демпферного отделения завода на 6 демпферов.
Планы

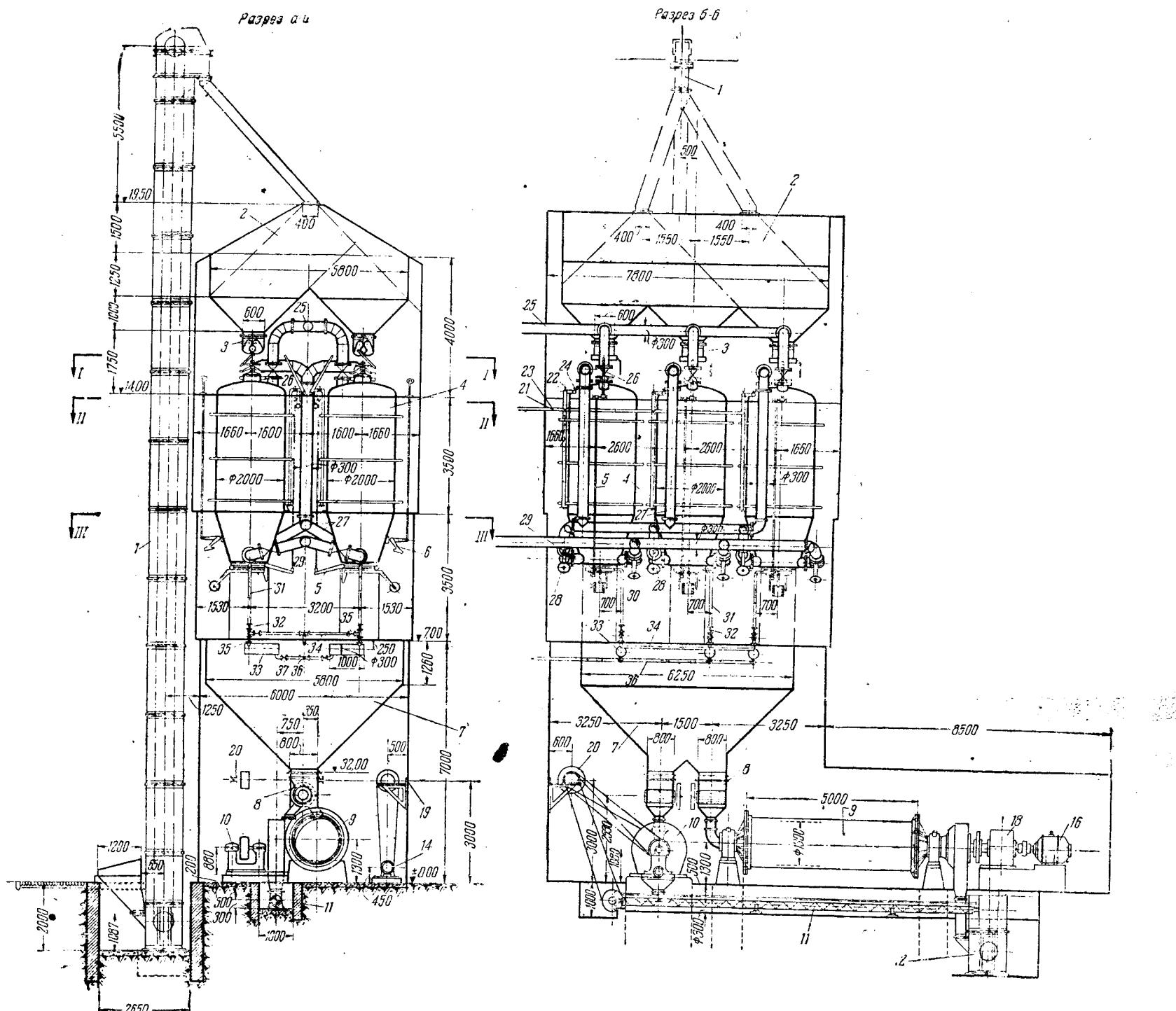


Рис. 12. Схема на 6 демпферов. Разрезы дробильного и демпферного отделения завода

СПЕЦИФИКАЦИЯ

№ поз.	Наименование	Количе- ство	№ поз.	Наименование	Количе- ство
Оборудование					
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 ³	6	24	Вентили для перегретого пара $\varnothing 4"$	12
5	Управление открывания затвора демпфера закрывания	6	25	Паропровод для горячего воздуха $\varnothing 300$ м.м., $l=19$ м	—
6	"	6	26	Вентили трубопровода для горячего воздуха $\varnothing 300$ м.м	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 $\varnothing 300$ м.м	12
9	Трубчатая мельница Т-5; 1300×800	1	29	Трубопровод для отходящего пара и воздуха $\varnothing 300$ м.м; $l=17$ 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 $\varnothing 300$ м.м.; $l=1$ м	6
13	Электромотор к элеватору щебенки МА-202- $1\frac{1}{8}$, $N=6,4$ квт $n=725$ об/мин	1	34	Трубопровод для перепуска конденсата $\varnothing 1"$, $l=14$ м	6
14	Электромотор к контрприводу питателей типа МА-202- $1\frac{1}{8}$ $N=6,4$ квт, $n=725$ об/мин	1	35	Вентили для отвода конденсата	6
15	Электромотор к контрприводу дезинтегратора типа МА-203- $1\frac{1}{8}$ $N=15$ квт, $n=975$ об/мин	1	36	Трубопровод для отвода конденсата $\varnothing 1"$, $l=11$ м	—
16	Электромотор к трубч. мельнице типа МА-206- $1\frac{1}{4}$, $N=81$ квт $n=1470$ об/мин	1	37	Вентили для отвода конденсата	6
17	Электромотор к элеват. гипса типа АД-5- $1\frac{1}{6}$, $N=3,5$, $n=975$ об/мин	1	38	Вентили для отходящего пара и воздуха $\varnothing 300$ м.м	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 з 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 четырехдемпферного завода

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

Таблица 3

Характеристика стержневых мельниц

Показатели \ Тип	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).

Таблица 4

Производственный персонал завода

Специальность	Количество в смену	Общее
А. Персонал вне смен		
1. Руководитель завода, инженер-силикатчик	—	1
2. Старший слесарь	—	1
3. Бухгалтер	—	1
4. Хозяйственник	—	1
Б. Персонал по сменам		
1. Сменный техник	1	3
2. Штабелевщик 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
Всего	14	40

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 механизмами.

запасных частей.

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

V. ДЕЙСТВУЮЩАЯ УСТАНОВКА И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕМПФЕРНОГО ГИПСА¹

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 вышеписанных проектов. Так, вместо двух элеваторов поставлены бывшие в наличии четыре ленточных транспортера, вместо необходимого вентилятора

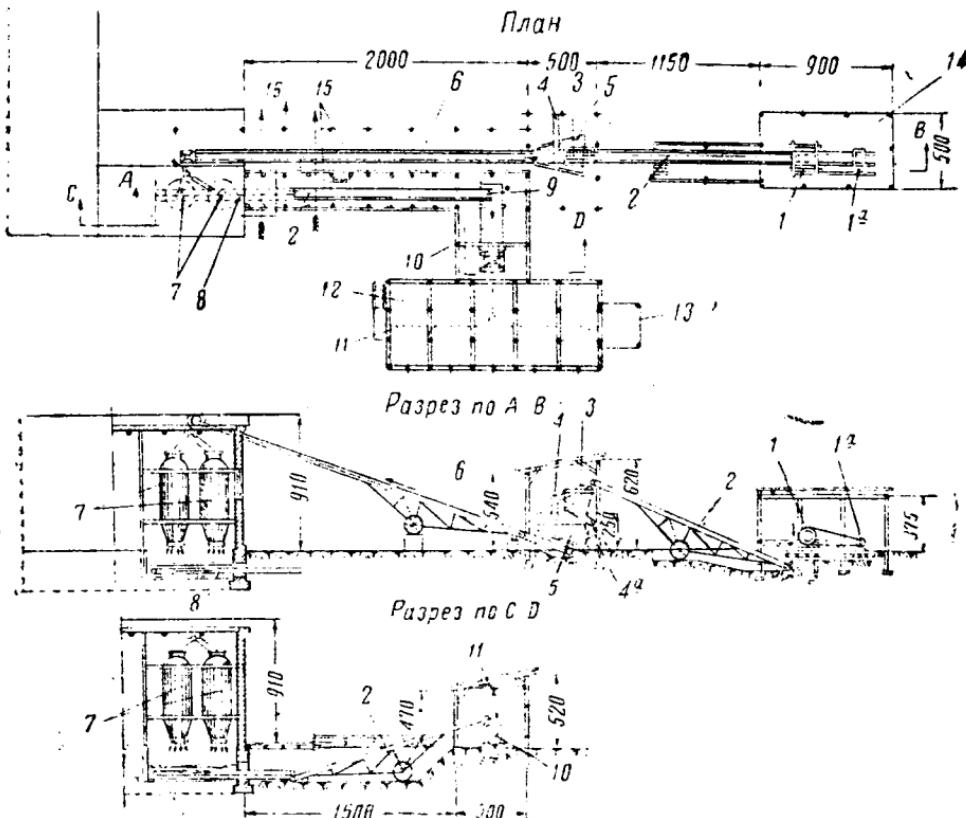


Рис. 13. Схема действующей демпферной установки в городе N.

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 — нарощенный ленточный транспортер; 7 — демпферы; 8 — горизонтальный питатель (к стержневой мельнице); 9 — бункер; 10 — стержневая мельница; 11 — монорельс; 12 — склад высокопрочного гипса; 13 — навес для автомашин; 14 — навес над камнедробилкой; 15 — навес над транспортерами; 16 — подъезд

¹ 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 эксплоатации 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.

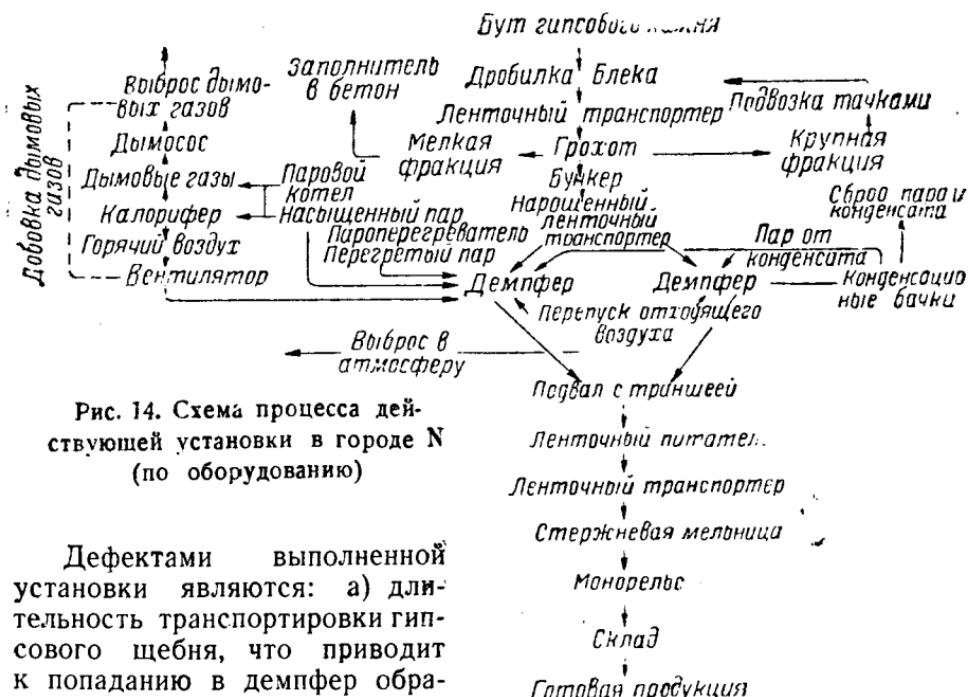


Рис. 14. Схема процесса действующей установки в городе Н (по оборудованию)

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÷8 раз меньше необходимого); д) дефектное выполнение топки, вследствие чего получается примесь сажи 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 эксплоатация 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 оказывается 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 повышенены и улучшены при устраниении 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 установки¹. Выполнению строительных работ предшествовало изучение и испытание работы гипса в изделиях натуральной величины.

Изделия — балки (полнотелая и типа ВЗ) и плита

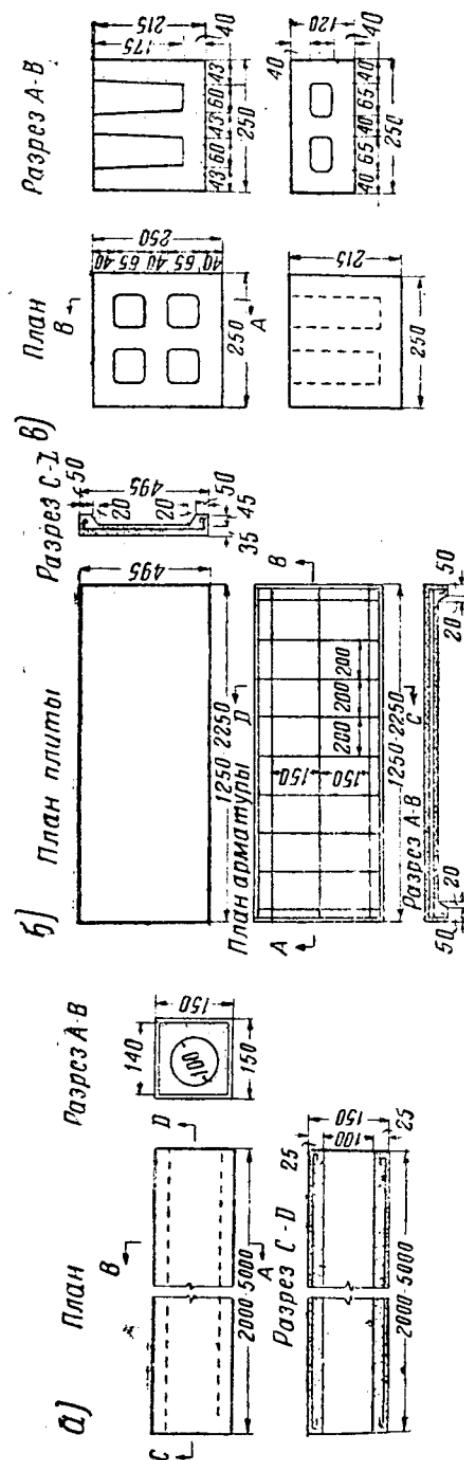


Рис. 15. Строительные детали из высокопрочного гипса:
а — балка типа БЗ; б — плита типа ГИС; в — пятислойные блоки БР-II

¹ 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

№ образца	Арматура	Водогипсовое отношение в %	Возраст образца в сутках	Пролет в см	Разрушающий груз в кг	Расчетный груз в кг	Примечание
		Балки сплошные					
5A-Б1	Отгибы 2Ø6	60	2	110	2 144	1 000	
5A-Б2	— 2Ø6	60	2	110	2 629	1 000	
5A-Б3	— 2Ø6	60	5	110	1 764	1 000	
5A-Б4	— 2Ø6	60	7	110	1 659	1 000	
		Балки БЗ (пустотельные)					
8A-0	Без отгибов	60	3	170	909	—	
7A-0	—	60	4	170	812	—	Трещина при изготовлении
		Плиты ГИС					
6A-Б	—	60	1	140	1 664	—	
7A-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 м² 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 м²), перегородки, каналы. К настоящему времени выполнено около 400 м² железогипсобетонных перекрытий.

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

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

Пятистенные блоки БРШ (рис. 15) изготавляются 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 изготавляются гипсо-опилочные плиты (состава 1 : 3), а для перегородок — изоляционные плиты из гипса со стеблями; таких плит изготовлено около 2 000 м².

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

Выполнена на гипсе и показала хорошие качества теплоизоляция 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 на конец стяжка из гипса толщиной 1 см. При внутренней температуре 160–170° температура изоляции снаружи — 23–25°. 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 0,5–1 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 0,1–0,2% к весу гипса.

Заслуживает внимания скорость выполнения работ — штучные изделия распалубливаются через 5–10 мин. после затворения, монолитные конструкции через 0,5–1 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-

существии извести для производства силикатного кирпича); временное сопротивление сжатию через 1 час после изготовления составляло 150 кг/см². 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 приготовлять в мешалках непрерывного действия. При выполнении монолитных конструкций мешалку следует располагать возможно ближе к месту укладки бетона. При выполнении бетонных работ большого объема целесообразно приготовлять 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 вяжущим¹.

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 внимания². 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, являющейся основным показателем качества продукта, составляет 5,08÷6,67%. Меньшее значение относится к партиям гипса, находившимся в сушке продолжительное время (5÷6 час.).

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

¹ Проф. Некрасов В. П. успешно работает сейчас над приданием демпферному гипсу водостойкости.

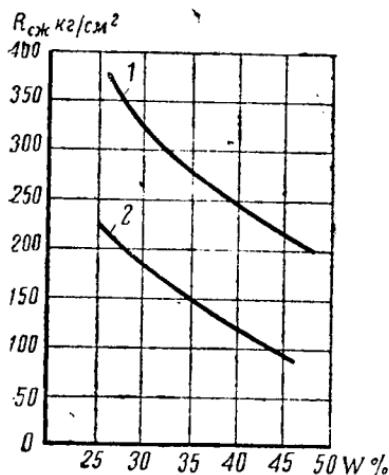
² В лабораторных испытаниях и освоении демпферного гипса активное участие принимали канд. техн. наук Боженов П. И. и ст. лаборант Булатов Г. Н.

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 водогипсово-го отношения на сроки схватывания характеризуются данными, приведенными в табл. 6.

Таблица 6

Влияние водогипсового отношения на сроки схватывания гипса

№ образцов	Водогипсово-ое 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 высшенном 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

Водогипсово е отношение в %	Величина давления в кг/см ²	Водопоглощение гипсовой отливки в %
35	0,35	5,5%
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	Водогипсово е отношение в %	Сроки схватывания		Временное сопротивление в кг/см ² в возрасте					
		начало	конец	сжатию 1			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	1'30"	2'30"	145	202	328	16,0	15,6	28,4
51	30	2'25"	3'30"	208	280	291	23,0	22,1	40,3
59	30	2'30"	3'57"	162	201	202	23,0	28,0	43,1
60	30	2'40"	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/см².

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

¹ 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 известковелка, известковушонка, 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 ² 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
И з в е с т ь - к и п е л к а										
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
И з в е с т ь - п у ш о н к а										
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
П о в а р е н н а я с о л ь										
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
М а л ы р н ы й к л е й										
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	18,7	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

П р и м е ч а н и е. 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 известь кипелку или пушонку; влияние их одинаково.

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. Либерман 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

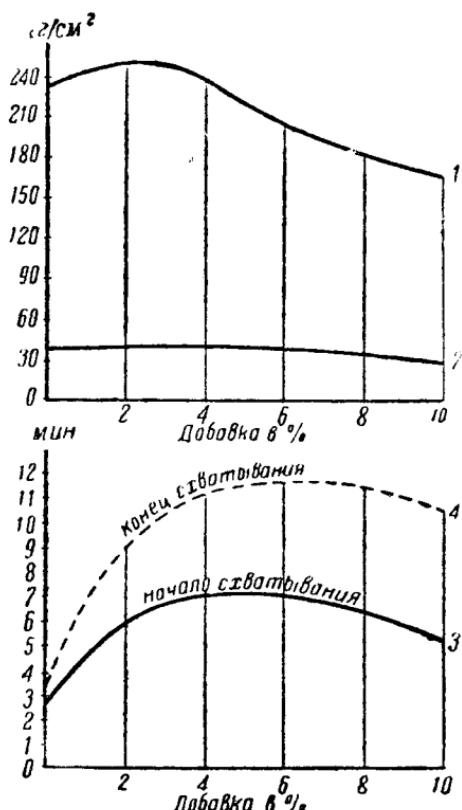


Рис. 17. Влияние добавки извести на сроки схватывания и прочность гипса:

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

формы (кубов и восьмерок) заливались в полусухое состояние. 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 ² 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 водо-гипсовое 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).

Таблица 13

Влияние количества заполнителей и воды затворения на прочность гипса

№ образца	Водогипсовое отношение	Заполнитель и состав	Временное сопротивление в кг/см² в возрасте:					
			сжатию			растяжению		
			1 час	1 сутки	7 суток	1 час	1 сутки	7 суток
С т р о и т е л ь н ы й п е с о к								
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
Г и п с о в ы й щ е б е н ы								
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	Водогип- совое от- ношение	Состав	Отношение ко- личества гипса к общему ко- личеству запол- нителей	Временное сопро- тивление сжатию в кг/см² 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. отх. : 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 вяжущие¹, не гидравличен, и во влажном состоянии его прочность снижается (табл. 16).

¹ О негидравличности ангидритового цемента см. Будников П. П. [1], стр. 162; эштрих-гипса — Юнг В. Н. [2], стр. 84.

№ образца	Условия хранения	Время хранения в воде	Временное сопротивле- ние в 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 изготовле- ния 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	7 суток	56	80	95	10,3	11,5	19,3
101	Опущены в воду после изготовле- ния 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
102	Хранились на воздухе	—	—	172	177	220	23,5	28,0
107	То же	—	—	190	207	218	22,1	22,0

Полученные результаты не дают еще права делать окончательные выводы, дальнейшие испытания производятся. Приближенно 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 атмосфераустойчив.

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 . . .	$0,32 \div 0,35^1$

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.

¹ Испытания проф. Слободянича И. Я., 1942.

го в лаборатории американских страховых обществ, приводит акад. П. П. Будников¹: «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 гидратной воды в %	Водопотребность для нормальной густоты	Сроки схватывания		Временное сопротивление в кг/см ² в возрасте 7 суток		Расходы на 1 т продукции	
			начало	конец	сжатию	растяжению	топлива условного в кг	электроэнергии 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 взвешенном состоянии (Реми-Бютнер)	5,10	—	—	10'	148	23,6	51,4	14,2
6. Автоклавный (Якшаров)	6,98	45	1'	2'	80	21,7	—	—
7. Автоклавный (Передерий)	—	56	5'	—	126	23,2	—	—
	9,37	65	2'30"	3'30"	293	50	—	—
	—	—	—	—	—	33	—	—
8. Эштрих-гипс	—	35	5 час.	12 час.	100	10	—	—
	—	—	—	—	150	25	—	—
9. Гипс ЛОР	—	45	1 час.	2 часа	237	32	—	—
	—	—	—	—	286	38	—	—
10. Ангидрит-цемент	—	36,5	1 час.	3 часа	100	25	—	—
	—	—	—	—	160	30	—	—
11. Демпферный	6,40	35	4'	6'	340	44	40,0	13,0
	—	—	—	—	280	38	—	—
12. Портландцемент	—	25—30	1—2 час.	5—8 час.	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.

¹ 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.

A. 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 пустотельные (типа БЗ) и полнотельные армированные железом, пролетом 2 м и более.
4. Гипсобетонные балки-прогоны, армированные железом пролетом 6 \div 8 м.
5. Фундаменты под оборудование.

B. 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. Пустотельные 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 о faktур ovanы.
11. Растворы для каменных, кирличных, блочных и бутовых кладок.

C. 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.

D. 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.

E. 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 м³ 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 приданье 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) гипса¹ путем добавки при затворении некоторых измельченных минеральных солей (алюминиево-калиевые или обыкновенные квасцы) и мела, того и другого в количестве 2% от веса гипса. В результате происходящей реакции в присутствии воды выделяется газообразная углекислота, вспучивающая несхватившийся гипс,

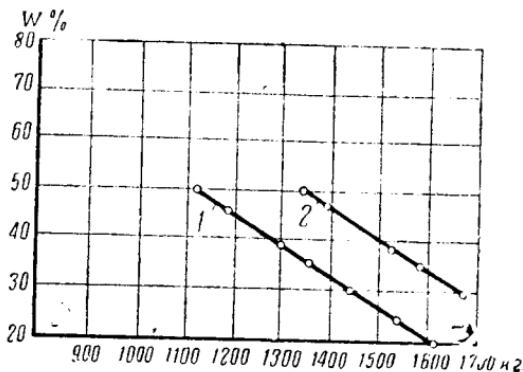


Рис. 18. Зависимость расхода гипса и объемного веса отливки от водогипсового отношения:

1—расход гипса на 1 м³; 2—объемный вес после высушивания в кг/м³

¹ Лапшин, Ячеистый гипс, журнал «Строительная промышленность» № 2, 1929.

рследствие чего образуются мелкие замкнутые ячейки. Соли могут заменяться серной кислотой, мел — содой. Расход гипса-порошка на 1 м³ ячеистого гипса составляет 500–600 кг при водогипсовом отношении около 70%; объемный вес ячеистого гипса — 0,6–0,8 т/м³.

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 м³ 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.
I. Прямые расходы				
1. Гипсовый камень	т	1,25	15,00	18,75
2. Топливо	т	0,04	45,00	1,80
3. Вода	м ³	0,2	0,50	0,10
4. Электроэнергия	квт·ч	18,0	0,13	1,69
5. Заработкая плата	чел.-дней	0,43	10,90	4,72
Дополнительная зарплата . . .	—	—	—	0,68
Начисления	—	—	—	0,51
Всего прямых расходов	—	—	—	28,25
II. Косвенные расходы				
6. Цеховые расходы:				
Амортизация	—	—	—	1,60
Текущий ремонт	—	—	—	0,57
Общее содержание цехов . . .	—	—	—	1,16
Прочие цеховые расходы . . .	—	—	—	0,47
Всего цеховых расходов	—	—	—	3,80
Цеховая себестоимость	—	—	—	32,05
III. Общезаводские расходы				
Зарплата с начислением	—	—	—	2,06
Амортизация и ремонты	—	—	—	0,12
Прочие общезаводские расходы	—	—	—	1,05
Всего общезаводских расходов	—	—	—	3,23
Полная себестоимость	—	—	—	35,28

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

Для сравнения приводим стоимость 1 т вяжущих¹.

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 алебастра; от цемента демпферный гипс отличается необходимостью введения меньшего количества заполнителя, а от алебастра, 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 м³ бетона)

Наименование	Единица измерения	Цена единицы		На цементе		На демпф. гипсе	
		Франко- завод	Фр.-строи-тельство	ко-лич-ст-во	сто-им.	ко-лич-ст-во	сто-им.
Цемент	т	107,47	120,00	0,30	36,00	—	—
Гипс демпферный . . .	т	35,28	46,30	—	—	0,50	23,20
Песок	м ³	4,00	23,40	0,60	14,00	0,38	8,90
Гравий	т	8,25	48,00	0,90	43,20	—	—
Щебень кирпичный . .	т	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

¹ По справочнику укрупненных сметных норм, ОНТИ, 1937 и другим источникам.

Таблица 20

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. растворе		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	т	35,28	46,30	—	—	0,20	9,30	—	—	0,35	16,20
Известь	т	50,45	63,00	0,13	8,20	0,15	9,50	0,06	3,80	0,15	9,50
Песок	м ³	4,00	23,40	1,17	27,40	0,40	9,40	1,07	25,00	0,40	9,40
Глина	т	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/м ³	Коэффициент теплопро-водности	Толщина стены (равной теплопроводности) в см	Вес 1 м ² 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ГИПС СТРОИТЕЛЬНЫЙ ВЫСОКОПРОЧНЫЙ
(ПРОЕКТ)¹

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

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	М а р к и				
	150	200	250	300	400
Сроки схватывания в минутах*					
Начало не ранее	3	3	3	4	5
Конец не ранее	5	5	5	6	7
Конец не позднее	30	30	30	30	80
Временное сопротивление сжатию в кг/см²					
кубиков 7×7×7 см					
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
Временное сопротивление растяжению в кг/см²					
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
Тонкость помола—остаток в % к навеске по весу не более:					
на сите 64 отв/см ²	4	4	4	4	4
на сите 900 отв/см ²	8	8	8	8	8

П р и м е ч а н и я. 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.

* Составлен Центральным научно-исследовательским институтом промсооружений—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 1 500 г, и приготавливают кубики соответствующего 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 отгружаемую 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).¹

I. Общие указания

Высокопрочный гипс отличается от обычного строительного гипса (ГОСТ 125-41) более высокими показателями прочности на сжатие ($R_{7, сж} = 150-400$ кг/см²) и растяжение $R_{7, р} = 25-50$ кг/см²) 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 предназначается к применению при строительстве надземных зданий и сооружений:

- в растворах для каменных кладок;
- в бетонах при изготовлении стеновых и перегородочных блоков и плит;
- 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-

¹ Составлен Центральным научно-исследовательским институтом промсооружений — ЦНИПС.

структурных допускается лишь в сухих пружатах 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 kg/cm^2) кубиков размером $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ (для фракций до 40 мм) и $20 \times 20 \times 20 \text{ см}$ (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 цементкой 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 трактовки и недостаточной изученности этого вопроса, допускается производить лишь в опытном 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 Консицера с обмоткой их 2—3-мм проволокой и постановкой поперечных стержней. Рекомендуется также применение сварных сеток, витой крученою 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 цементкой.

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 приземная прочность R_n , временное сопротивление сжатию при изгибе R_u и временное сопротивление растяжению R_p при расположении конструкций снаружи принимаются равными 0,6 R_n , 0,6 R_u и 0,8 R_p , а при расположении конструкций внутри здания и снаружи, в сухих условиях, равными 0,8 R_n , 0,8 R_u 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 скватывания и твердения, недопустимо. Как правило, применение замедлителя скватывания гипса в этих случаях обязательно.

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

сутки. Прогоны, 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/м³) при следующем, примерно, объемном соотношении: 1 ч. гипса: 3 ч. стружек: 2 ч. спилок. Смесь приготавливается 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/м³ 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 Булычева», 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, ГИТИ, М., 1930.

5. Козлов Б. А., Обжиг вяжущих материалов во взвешенном состоянии, вып. 1, ОНТИ, М.—Л., 1936.

6. Элинсон М. П., Отделочный высокопрочный гипс в архитектуре, Академия архитектуры, М., 1940.

7. Черкасов И. В., Гипс, его производство и применение (популярная), Гизмостпром 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. Средневолжский 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. Генелев 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, Госстройзат, М.—Л., 1933.
19. Костырко Е. В., Новые строительные материалы, ГНТИ, М.—Л., 1933.
20. Печуро С. С., Резак В. П., Производство и применение гипсовых строительных деталей, статья в журнале «Американская техника и промышленность» № 6, 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.