

С. С. П Е Ч У Р О



# ГИПС и ГИПСОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АРХИТЕКТУРНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1 9 4 5



ГИПС  
И  
ГИПСОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

ИНЖ. С. С. ПЕЧУРО

666

П-31

За время Отечественной войны область применения в строительстве гипса была значительно расширена. Замена в жилищном строительстве дефицитных строительных материалов гипсом дало положительные результаты. В связи с этим в системе Наркомстроя, Наркомжилгражданстроя УССР, НКАП, НКВД, Моссовета и других ведомств построен ряд заводов высокопрочного гипса. Строительство заводов продолжается и в настоящее время.

Накопленный опыт позволяет отнести гипс к разряду материалов, необходимых для массового применения в строительстве жилых домов и гражданских зданий, а также при восстановлении районов, разрушенных фашистскими варварами в период временной оккупации. Поэтому свойства гипса и технологию его производства в настоящее время изучают архитекторы, конструкторы, строители и технологи строительных материалов.

Это вызывает необходимость в литературе, которая была бы доступна указанным широким кругам, выдержана на достаточно высоком техническом уровне и охватывала бы описание производства и применения гипса в СССР и за границей.

Издание настоящей книги призвано в некоторой степени удовлетворить эту потребность.

*Главное управление строительной техники*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Потребность в литературе, которая обобщила бы производственно-технический опыт в области промышленности гипсовых вяжущих материалов и строительных деталей из гипса, ощущается в настоящее время особенно остро. Гипс перестает быть только штукатурным алебастром и все больше и больше становится материалом современного монтажно-сборного строительства.

Короткий (исчисляемый минутами) цикл производства гипсовых строительных деталей всевозможных форм, размеров и назначения и их сравнительно большая механическая прочность определяют возможность использования этого материала на высокоразвитой индустриальной основе. Этим и объясняется та широкая популярность, которую гипс приобрел у строителей за последние годы и особенно во время войны.

Предлагаемая вниманию читателя книга инж. С. С. Печуро в простой, доходчивой и в то же время технически грамотной форме излагает опыт производства и применения гипсовых вяжущих и строительных деталей из гипса в СССР и в США. Она в равной мере полезна и доступна и архитектору, и строителю, и технологу. Некоторые подробности из области технологии не должны казаться излишними, так как в настоящее время и строителям приходится сталкиваться с вопросами организации и работы гипсовых предприятий. Совершенно правильно развитая в известной статье академика архитектуры А. Г. Мордвинова мысль о том, что мастерская гипсовых строительных деталей—один из элементов домостроительного конвейера.

Приведенные в книге классификации как гипсовых вяжущих, так и деталей не могут претендовать на научную точность, данные о технико-экономических показателях различных способов производства гипса не всегда объективны, то же можно сказать и об оценке перспектив производства и применения высокопрочного гипса,—но, в конечном счете, элементы субъективности будут в той или иной мере присущи любой описательной монографии.

Во всяком случае в этой книге, написанной высококвалифицированным инженером, знающим гипсовую промышленность Советского Союза и посетившим США, читатель найдет достаточно обобщенное отражение опыта производства и применения гипса и гипсовых строительных деталей, и в этом ее несомненная ценность.

*Инж. М. И. Rogовой*

## I. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Среди строительных материалов, находящих применение в современном строительстве, одно из первых мест принадлежит гипсу.

Это объясняется его высокими вяжущими свойствами, широким распространением в природе и сравнительной несложностью добычи и производства. Помимо применения гипса в качестве вяжущего, способность его при литье точно воспроизводить рельеф формы позволяет выполнять из него самые разнообразные изделия и детали.

О величине мирового производства гипса (в т) в довоенные годы (по октябрь 1941 г. включительно) дает представление табл. 1, заимствованная из официального американского издания «U. S. Bureau of Mines» за 1941 г.

Таблица 1

Страны	Г о д ы				
	1937	1938	1939	1940	1941
Аргентина . . . . .	68 220	70 813	87 328	103 157	—
Канада . . . . .	1 044 222	915 169	1 289 950	1 314 311	1 442 707
Франция . . . . .	1 320 400	—	—	—	—
Египет . . . . .	253 641	212 088	70 016	61 847	—
Италия . . . . .	416 198	425 299	—	—	—
Швейцария . . . . .	35 000	35 000	38 000	30 000	—
Южно-Африканский союз	33 186	38 849	40 782	—	—
Англия . . . . .	1 111 669	1 109 928	—	—	—
США . . . . .	2 774 307	2 435 057	2 927 231	3 355 672	4 344 062
Австралия . . . . .	157 701	188 891	173 802	163 921	—

Примечание. Данные за 1941 г. охватывают период с января по октябрь. Дальнейшая публикация сведений о производстве и расходе материалов прекращена в связи с военными действиями.



В предвоенные <sup>1</sup>годы добыча и производство гипса в Союзе, несмотря на большое число и мощность разведанных месторождений, далеко не удовлетворяли потребности народного хозяйства и значительно отставали от зарубежных стран. Так, максимальная добыча природного гипсового камня достигала в Союзе 1 500 000 т в год.

Перерабатывающая гипсовая промышленность Союза насчитывает более 100 предприятий. Наряду с заводами большой мощности (от 10 до 100 тыс. т гипса в год) существует большое количество мелких предприятий с годовой производительностью менее 10 тыс. т.

Выпуск гипса в СССР по годам приведен в табл. 2.

Таблица 2

Г о д ы	1937	1938	1939
Выпуск (в тыс. т.) . . . . .	1212	1087	1132

Приводимые ниже данные (табл. 3) характеризуют состояние добывающей гипсовой промышленности Соединенных штатов Америки за соответствующий период времени:

Таблица 3

Г о д ы	1937	1938	1939
Добыча сырого гипса (в тыс. т) . . . . .	3058,0	2684,2	3226,7

Примечание. США в значительной мере покрывают свою потребность в сырье для гипсовой промышленности за счет импорта. Так, из 56 действующих заводов 13 работают на импортном сырье.

Подчиненность предприятий различным хозяйственным организациям и ведомствам не давала возможности осуществлять необходимое руководство их деятельностью и техническим развитием. Это положение повлекло за собой создание, по решению правительства, специальных центров в лице главных управлений гипсовой промышленности при народных комиссариатах промышленности стройматериалов СССР и РСФСР.

Направление применения гипса в строительстве резко меняется. Издавна гипс применялся главным образом для штукатурных, лепных и скульптурных работ при внутренней отделке зданий и сооружений. Почти до настоящего времени

подавляющее количество выпускаемого в Союзе гипса использовалось именно для указанных целей. Не говоря о том, что выполнение всех этих работ связано с потребностью в рабочей силе высокой квалификации и сравнительно низкой производительностью труда, вытекающими из специфических неудобств, связанных с так называемыми «мокрыми» процессами, необходимость в сушке создает дополнительные затруднения, особенно в осенне-зимнее время года, и зачастую надолго затягивает ввод в эксплуатацию зданий и сооружений. Отсюда естественно стремление строителей по возможности освободиться от «мокрых» процессов на стройках.

Изменились также и организационно-технические методы ведения строительных работ. В основу современных методов положены: сборность и поточность строительства, круглогодичное ведение строительных работ, индустриализация и механизация производственных процессов, в результате приводящие к сокращению сроков возведения зданий. Все это нашло свое отражение в типах, номенклатуре и кондиции применяемых строительных материалов. Стремление по возможности освободить строительные площадки от изготовления на них тех или иных строительных материалов и деталей повлекло за собой возникновение целой отрасли промышленности, сосредоточившей производство строительных деталей в массовом масштабе на специализированных предприятиях, откуда изделия в готовом виде поступают для монтажа на строительные объекты.

При таком положении легко достигается организация планомерного питания строек материалами и деталями в соответствии с движением строительных и монтажных работ и отпадает необходимость в скоплении больших материальных запасов на строительных площадках, что особенно существенно при ограниченных размерах и стесненности площадок в условиях крупного городского строительства. Даже в тех случаях, когда такая стесненность и отсутствует, соображения экономического порядка склоняются в пользу массового изготовления строительных деталей для централизованного обслуживания целого ряда строек.

Большое значение уделяется также вопросам огнезащиты. Самое понятие «огнезащита» в настоящее время значительно расширено и объединяет в себе целый ряд специфических требований;

а) невоспламеняемость (негорючесть),

б) огнестойкость, т. е. способность выдерживать действие высоких температур без ощутимой потери при этом механиче-

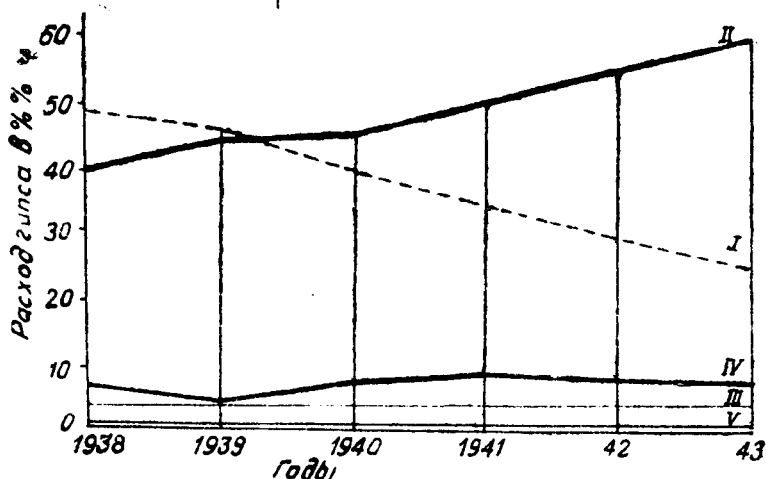


Рис. 1. Расход гипсовых вяжущих материалов по видам изделий в США: I—штукатурный гипс, II—сухая штукатурка, плиты и детали, III—сухие смеси и растворы, IV—формовочный и скульптурный гипс, V—цемент Кинна

ской прочности и без появления признаков деформации, и, в) требование термоизоляции, как надежной защиты несущих, чаще всего металлических, частей и узлов сооружений.

В свете этих задач применение готовых строительных материалов и деталей из гипса открывает большие возможности и перспективы для строительства. Известные результаты в этом направлении уже были у нас достигнуты, главным образом в столичном жилищно-бытовом и культурном строительстве и крупных строительных объектах страны.

Однако в общем балансе потребления типа расход на производство готовых изделий до сих пор составляет незначительную долю.

В этом отношении характерен опыт США. Начавшееся в середине прошлого десятилетия массовое строительство так называемых «дешевых» многоэтажных и малоэтажных домов, отличающихся наряду с низкой удельной себестоимостью большими удобствами и комфортабельностью, вызвало не только абсолютное увеличение расхода гипса, но и внутренние изменения в направлении его расходования.

Эти изменения легко проследить по графику (рис. 1), составленному на основании официальных данных департамента промышленности и торговли США за ряд последних лет.

Как видно из графика, только за последние шесть лет (с 1938 по 1943 г.) применение гипса в виде вяжущего материала сократилось с 59,7 до 34,5%, в то время как удельный вес отделочных материалов и готовых деталей из гипса возрос с 40,3 до 65,5%.

Даже в том случае, если на стройку поступает порошкообразный гипс в качестве вяжущего для дальнейшего его затворения с водой на месте, оказывается целесообразным заранее, в заводских условиях, производить шихтовку его с другими компонентами смеси, как-то: древесным волокном, красителями и инертными заполнителями (чаще всего песком), или специальными добавками химикатов, регулирующих сроки схватывания. Помимо того, что выпуском готовых смесей и растворов стройки избавляются от необходимости производить у себя смешивание отдельных материалов в неподходящих для этого условиях, смешение в заводской обстановке, благодаря наличию специальных приспособлений и возможности точной дозировки компонентов в соответствии с установленной и проверенной рецептурой, позволяет получать всегда однородные по своим свойствам растворы и смеси, не загрязненные случайными примесями, от попадания которых на стройках едва ли можно было бы уберечься. Количество выпускаемых в США сухих смесей и растворов составляет в среднем за год около 4% от общего количества выпускаемого гипса.

В настоящее время, когда восстановление освобожденных от немецких захватчиков районов, а также большое строительство в тылу нашей страны требуют огромных количеств строительных материалов и когда в некоторых из них, как, например, в металле, дереве и цементе, у нас будет еще известное время ощущаться недостаток, расширение добычи и производства гипса, залежи которого почти повсеместно распространены в Союзе, приобретает особо актуальное значение. Последнее нашло свое отражение в специальном решении Государственного комитета обороны по вопросу о гипсовой промышленности Союза ССР.

## II. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ

По своей химической природе минерал гипс представляет собой сернокислый кальций, кристаллизующийся с двумя молекулами воды в двуводную сернокислую соль ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), отвечающую, в пересчете на окислы, следующему составу:

32,6%  $\text{CaO}$ ; 46,5%  $\text{SO}_3$ ; 20,9%  $\text{H}_2\text{O}$ .

По внешнему виду гипс представляет собой кристаллическое вещество, прозрачное в своих наиболее чистых разновидностях.

Чаще всего гипс встречается белого или желтоватого цвета.

В зависимости от примесей гипс может быть окрашен и в другие цвета.

Наощупь гипс теплый, так как обладает низкой теплопроводностью. Вследствие мягкости он легко чертится ногтем (твердость МООС 2). Объемный вес плотной породы колеблется в пределах 2,2—2,4 т/м<sup>3</sup>. По структуре в изломе различают волокнистый гипс (селенит), с ясно выраженными кристаллами, и мраморовидный, с мелкокристаллическим изломом, плотный гипс (алебастр). Кроме того, гипс кристаллизуется еще в виде прозрачных чешуйчатых пластинок, наиболее полно выраженных в крупных кристаллах, получивших благодаря своей форме название «ласточкин хвост». При нагревании гипс теряет свою кристаллизационную (гидратную) воду и переходит в белую аморфную массу.

Кроме двухводного гипса, большое распространение в природе имеет также безводный гипс-ангидрит ( $\text{CaSO}_4$ ). Последний следует считать менее устойчивой модификацией, переходящей с течением времени в стабильную двухводную форму.

О том, что такой процесс протекает в природе, свидетельствует обнаружение в кусках двухводного гипса еще не успевшего прореагировать с водой гипсового ангидрита.

Для производства нормального (штукатурного) гипса применяется только двухводный природный гипс.

**Примечание.** Из описания разновидностей природного гипса в настоящем обзоре исключены такие его виды, как прожилки или гнезда гипса в горных породах, отдельные кристаллы или их группы (друзы в песчаных барханах и т. п.), обязанные своим происхождением различным химическим процессам, протекающим в земной коре, и не представляющие значительного промышленного интереса.

Своему происхождению природный двухводный гипс обязан главным образом отложениям водных бассейнов, составивших в свое время части морей и отделившихся от последних вследствие целого ряда геологических процессов, сопровождавшихся изменением рельефа суши. Отдельные образовавшиеся бассейны и лагуны подвергались постепенному испарению и высыханию. При этом одними из первых осаждались почти нерастворимые в воде сернокислые соли кальция, отложившиеся в виде мощных залежей гипсов, простирающихся иногда на целые десятки километров. Иногда гипс

в виде больших залежей образуется также в результате отложений самосадочных озер.

Геологическая история территорий СССР изобиловала периодами, способствовавшими образованию мощных залежей гипса как в Европейской, так и в Азиатской ее частях.

Ниже приводится таблица известных месторождений гипсов СССР, по своим запасам имеющих промышленное значение (табл. 4).

Таблица 4<sup>а</sup>

Область или край	№ п. п.	Наименование месторождения
I. Ивановская область	1	Батулинское
	2	Миссюровское
	3	Бутырское
	4	Крестовское
	5	Владимирское
II. Горьковская область	6	Бебьевское
	7	Новоселковское
	8	Селищенское
	9	Мигалихинское
	10	Балахонихинское
	11	Дзержинское
	12	Филинское
	13	Рыльковское
	14	Барнуковское
III. Тульская область	15	Сталиногорское
IV. Воронежская область	16	Оболенское
	17	Новогольское
V. Сталинградская область	18	Баскунчакское
VI. Донбасс (УССР)	19	Никитовское
	20	Артемовское
VII. Архангельская область	21	Разъезд Пшеничный
	22	Деконское
	23	Кельдинское
	24	Кулойское
	25	Титомское
	26	Соткинское
	27	Мехреньгское
	28	Звозское
	29	Северодвинское
VIII. Коми АССР	30	Мыльское
	31	Елмач Парма-Усть
	32	Веселый Кут
	33	Сед-Юское
IX. Ленинградская область	34	Хиловское
	35	Полонское
	36	Тетеркинское

\* Заимствована из доклада д-ра техн. наук проф. В. М. Скрамтаева и материалов Геолстромтреста НКПСМ РСФСР.

Область или край	№ п. п.	Наименование месторождения
X. Кировская область	37	Ивкинское
XI. Татарская АССР	38	Верхнеантоновское
	39	Сюкеевское
	40	Им. 9 января (Устье-Камское)
	41	Шуранское
XII. Куйбышевская область	42	Куйбышевское
	43	Красная глина
	44	Коптев овраг
	45	Серная гора
	46	Прясельный овраг
	47	Винновское
	48	Липяги
	49	Смышляевское
	50	Студеный овраг
	51	Алексеевское
	52	Алебастровый овраг
	53	Старорезьянское
	54	Сыриевское
	55	Кливленское
XIII. Молотовская область	56	Селищенское
	57	Чумкаское
	58	Казаевское
	59	Ергачинское
	60	Гора Хохловка
	61	Гора Соколя
	62	Крылосовское
	63	Кунгурское
	64	Кишертское
	65	Месторождение Усть-Кишерт, Пермск. жел. дор.
	66	Гора Яковлевская
	67	Вторые ключи
	68	Бор
	69	Чусовское
	70	Бурмасовское
	71	Палазнинское
	72	Шибинское
	73	Гора Гривенная
	74	Щучье-озерское
XIV. Красноярский край	75	Абаканское
	76	Минусинское
	77	Канчалское
	78	Аевское
	79	Камхазское
	80	Дудонковское
	81	Гора Гладкая
	82	Париловское
	83	Арапкаевское

Область или край	№ п. п.	Наименование месторождения
XV. Челябинская область	84	Богорянское
	85	Усть-Корабельское
	86	Златоустовское
XVI. Башкирская АССР	87	Охлеблинское
	88	Седецкое
	89	Тужиловское
	90	Карайдельское
	91	Асконское
	92	Мишкинское
	93	Бирское
	94	Благовещенское
	95	Кизенбулатовское
	96	Уфимское
	97	Ишеевское
	98	Кармаскалинское
	99	Архангельское
	100	Красноусольское
	101	Макаровское
	102	Стерлитамакское
	103	Мелеузовское
XVII. Алтайский край	104	Кармалы
	105	Федоровское
	106	Бишбулякское
	107	Белебеевское
	108	Давлекановское
XVIII. Иркутская область	109	Буздякское
	110	Таймузинское
	111	Талбазы
	112	Калиновское
	113	Аульское
	114	Петухова гора
	115	Гладская гора
	116	Бубутуйское
	117	Наклейское
	118	Скогорское-Тархайское

В таблице указаны далеко не все месторождения гипса в СССР. Мощность месторождений весьма различна, но даже самые малые из них обладают запасами, исчисляемыми десятками и сотнями тысяч тонн.

В табл. 5 представлена характеристика гипсов основных месторождений СССР.



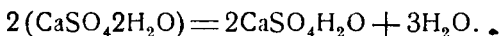
Наименование месторождений	П р о ц е н т н ы й   с о с т а в   ( в   о к и с л а х )					
	CaO	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Вода
1. Сталиногорское . . . . .	30,8—32,7	38,0—44,8	0,84—5,8	0,37—1,9	0,47—4,4	17,7—19,8
2. Филинское . . . . .	32,6	46,1	0,13	следы	0,17	20,5
3. Уфимское . . . . .	29,8—31,9	44,1—46,2	0,3—7,5	0,24—2,28	0,43—3,3	18,3—20,1
4. Деконское . . . . .	32,5—32,6	42,3—46,3	0,7—3,0	0,8—1,7	0,2—0,6	19,35—20,2
5. Артемовское . . . . .	32,5—32,8	46,1—46,4	0,36—0,58	0,18—0,36	0,2—0,6	18,8—19,9
6. Разъезд Пшеничный . . . . .	32,6	45,0	1,1	3,12	0,42	17,9
7. Устье-Камское . . . . .	31,84—32,85	44,0—46,9	0,04—0,34	0,07—0,78	0,08—0,7	—
8. Архангельское . . . . .	32,5	45,17	0,02	0,07	0,11	20,23
9. Ткварчельское . . . . .	32,1	45,7	следы	0,4—0,65	следы	20,3—20,8
10. Хуфинское . . . . .	31,0—31,4	44,8—45,0	2,0—2,12	0,9—1,3	.	20,30
11. Карабугазское . . . . .	32,2—33,0	42,8—46,0	следы	0,12—0,34	.	19,8—21,0
12. С. Завалье . . . . .	32,7	46,18	0,24	0,3	0,3	20,40
13. С. Кудрицы . . . . .	32,6	45,70	0,16	0,12	0,01	20,63

\* Заминствована из книги „Гипс“ акад. П. П. Будникова, изд. 1943 г.

В зависимости от характера залегания разработку гипса производят открытым способом (в карьерах), если выход гипсового пласта близок к дневной поверхности или покрыт незначительным слоем других пород; при этом вскрышу (почвенный слой и породу) удаляют, в соответствии со способом ведения горных работ и плотностью пород, вручную или механическим способом (экскавацией), при помощи гидромониторов, либо с применением буро-взрывных работ. При более глубоком залегании гипса добычу его производят проходкой штолен и шахт. В последнее время низкопроизводительный и тяжелый ручной труд по добыче гипса вытесняется механизированным бурением с применением современных срудий и механизмов—электрических или пневматических перфораторов, отбойных молотков, питающихся сжатым воздухом от стационарных или передвижных компрессорных установок, с последующим отделением гипсового камня от основного массива взрыванием заложенных в шпury зарядов взрывчатых материалов (аммонал, аммонит и др.).

### III. УСЛОВИЯ ДЕГИДРАТАЦИИ ГИПСА

Под влиянием тепла, сообщаемого природному двухводному гипсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), происходит так называемый процесс дегидратации (или обезвоживания) последнего. В зависимости от температуры и длительности тепловой обработки гипс претерпевает ряд изменений, обусловленных частичной или полной потерей кристаллизационной (гидратной) воды. Это явление не только сопровождается структурными изменениями, но приводит и к глубоким изменениям всех основных физико-химических свойств гипса. Закономерность этих изменений и наличие характерных точек перехода позволяют сделать вывод о существовании нескольких разновидностей (или модификаций) гипса со специфическими, присущими каждой разновидности свойствами. Согласно работам Ван-Гофа, природный двухводный гипс начинает терять свою гидратную воду уже при  $65-70^\circ$ . При температуре в  $107^\circ$  происходит разложение двухводного гипса с выделением полутора молекул воды и переходом его в полугидрат. Этот процесс может быть изображен следующей формулой:



Гипс полугидрат и является основной частью так называемого штукатурного или формовочного гипса (строительного алебаstra).

При затворении с водой полугидрат вновь усваивает полторы молекулы воды, превращаясь в стабильную двуводную форму. Этот процесс сопровождается твердением (схватыванием) гипсового теста, чем и пользуются для получения изделий из гипсовой массы. При 170° лежит теоретическая точка перехода полуводного гипса в «растворимый ангидрит».

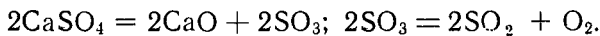
«Растворимый ангидрит» характеризуется большей активностью и скоростью схватывания, чем полугидрат. Недостаточное проявление указанных свойств у обычного штукатурного гипса может быть, таким образом, в известной мере скорректировано режимом обжига, обуславливающим получение больших количеств «растворимого ангидрита».

В практических условиях получения штукатурного гипса, протекающих в температурном интервале в 150—180°, наряду с полуводным гипсом ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) образуется некоторое количество безводной разности гипса «растворимого ангидрита» ( $\text{CaSO}_4$ ), возрастающее по мере приближения к верхнему пределу указанных температур и при удлинении срока тепловой обработки материала.

Дальнейшее повышение температуры обжига гипса (выше 200°) вредно влияет на качество получаемого продукта, так как при этом сильно замедляются сроки схватывания и одновременно снижается его механическая прочность.

Выше 300 и до 750° лежит зона так называемого «намертво обожженного» гипса—инертного материала, потерявшего способность к схватыванию и твердению.

При высокой температуре обжига гипс снова приобретает эту способность. Выше 800° находится область получения высокообжигового гипса—эстрихгипса. В отличие от схватывания полуводного гипса и «растворимого ангидрита» процесс усвоения воды и твердения высокообжиговых гипсов объясняется частичным разложением сернокислого кальция с переходом в окись кальция ( $\text{CaO}$ ). Реакция эта может быть изображена следующей формулой:



Наконец, при температуре 1000—1400° образуется быстро схватывающийся эстрихгипс. Схватывание в этом случае является следствием возрастающего количества свободной извести. Приводимая ниже табл. 6 дает представление об этом процессе разложения гипсового ангидрита (сернокислого кальция) при различных температурах.

На соотношение различных модификаций гипса, в частности образующихся в границах температур получения обыкновенного штукатурного гипса (150—180°), как уже ранее

указывалось, влияют еще и такие факторы, как длительность тепловой обработки и гранулометрический состав сырья.

Таблица 6

Температура обжига (в °С).	Химический состав получаемого продукта (в %)	
	$\text{CaSO}_4$	$\text{CaO}$
800	96,93	2,73
1100	95,88	3,58
1400	88,20	11,40

Необходимым условием для дегидратации кристаллических веществ, в том числе двухводного гипса, является повышенное давление выделяющихся водяных паров по сравнению с упругостью их в окружающей среде. Это достигается путем сообщения кристаллам определенного количества тепла, т. е. их нагреванием. Имея окружающей средой воздух со сравнительно низкой относительной влажностью, кристаллы легко отдают свою гидратную воду, причем последняя выделяется в виде водяных паров. Но как только среда оказывается насыщенной в отношении данных паров, что легко себе представить в условиях замкнутой системы (плотно закрытый сосуд), дальнейшее выделение парообразной влаги становится невозможным, и последняя начинает выделяться в капельно-жидком виде при одновременном повышении давления во всей системе.

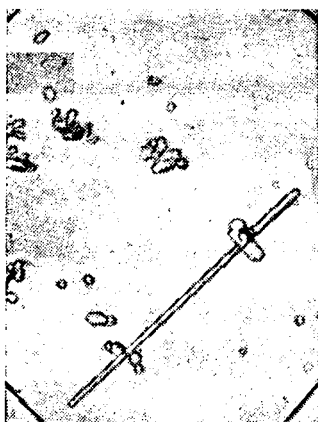


Рис. 2. Микроструктура варочного гипса



Рис. 3. Микроструктура демпферного гипса



Рис. 4. Микроструктура гипса, полученного варкой в растворе хлористого натрия



Рис. 5. Микроструктура гипса, полученного варкой в растворе хлористого кальция



Рис. 6. Микроструктура гипса, полученного варкой в растворе азотной кислоты



Рис. 7. Микроструктура гипса, полученного варкой в растворе сернокислого магния

В нормальных условиях, т. е. при атмосферном давлении (760 мм рт. ст.), процесс дегидратации может происходить только с участием газообразной фазы (водяных паров). В присутствии же капельно-жидкой воды дегидратация не может иметь места; наоборот, полуводный гипс, усваивая воду, вновь переходил бы в двугидрат. Чтобы процесс дегид-

ратации гипса мог протекать в присутствии капельно-жидкой воды, во всей системе должно быть соответственно поднято давление. В отличие от производства гипса при всех применявшихся ранее способах, протекавших при нормальном атмосферном давлении и при избытке соприкасавшегося с материалом воздуха, новейшие способы основаны на тепловой обработке природного гипса в замкнутом объеме под давлением (посредством пара) или варкой в жидких средах.

Условия, в которых протекает дегидратация двухводного гипса, не только определяют химический состав получаемого продукта, но оказывают влияние и на его физические свойства, в частности на структуру, прочность и количество потребной для затворения гипсового теста воды (водогипсовый фактор).

Гипс, полученный варкой при нормальном атмосферном давлении (штукатурный гипс), обладает землистой, приближающейся к аморфной структурой, с единичными слабо развитыми кристаллами, в то время как полугидрат, полученный обработкой гипсового камня паром под давлением, обнаруживает ясно выраженную кристаллическую спутанно-волокнистую структуру. На рис. 2, 3, 4, 5, 6 и 7 приведены микроснимки полуводного гипса, полученного при различных способах обработки природного (двухводного) гипсового камня; основные свойства его приведены в табл. 7.

Таблица 7

Способ получения полуводного гипса	Характеристика структуры	Водо-гипсовый фактор (в %)	Сопротивление на растяжение (в кг/см <sup>2</sup> )	№ рисунка
Обычная варка	Землистая с единичными кристаллами	65—70	12—14	2
Обработка в водной среде (демпферный)	Спутанно-волокнистые крупные кристаллы	35—45	30—40	3
Варка в растворе хлористого натрия	Длинные игольчатые объемистые и рыхлые кристаллы	выше 100	меньше 6,6	4
Варка в растворе хлористого кальция	Длинные объемистые стержневидные кристаллы	около 100	30	5
Варка в азотной кислоте	Очень короткие кристаллы	60	20	6
Варка в растворе сернокислого магния	Смесь коротких стержневидных кристаллов	ниже 50	выше 40	7

#### IV. ГИДРАТАЦИЯ ПОЛУВОДНОГО ГИПСА

При затворении полуводного гипса с водой происходит переход его вновь в дугидрат. Процесс этот сопровождается твердением (или схватыванием) гипсового теста. При этом различают следующие две стадии процесса:

А. Стадия текучести, т. е. предел, в котором гипсовая масса, затворенная водой, сохраняет свою подвижность и текучесть.

Б. Стадия схватывания, характеризующаяся двумя точками: начальной, соответствующей потере подвижности, и конечной, соответствующей полному затвердеванию гипса.

Указанное разделение весьма условно, так как обе стадии не имеют определенной резкой грани и служат продолжением одна другой. Скорость схватывания гипса во многом обуславливается его составом. Наличие в полуводном гипсе частиц двуводного приводит к резкому ускорению сроков схватывания, так как эти частицы играют роль очагов кристаллизации, способствующих быстрому закристаллизовыванию всей массы из раствора.

#### V. ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

В номенклатуру гипсовых вяжущих материалов входят:

1) обычные низкообжиговые гипсы—строительный (или штукатурный) алебастр и формовочный (или скульптурный) гипс,

2) высокообжиговые, специальные и высокопрочные гипсовые вяжущие: эстрихгипс, ангидритцемент акад. Будникова и специальные цементы (цемент Кина, парианцемент, гипс «Лор» и т. д.), высокопрочный гипс Ранделя и Дейлея, демпферный Садовского и Шкляра samozапорочный Скрамтаева и Булычева и, наконец, гипс Шоха и Коннингэма.

##### НИЗКООБЖИГОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ

##### Строительный (или штукатурный) гипс—алебастр

Строительный гипс представляет собой продукт умеренного обжига или «варки» природного гипсового камня ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) при температурах в  $170\text{—}180^\circ$ . По своему химическому составу он состоит преимущественно из полуводного гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ).

В зависимости от способа получения он может содержать в том или ином количестве и другие модификации гипса: необожженные частицы двуводного гипса, растворимый ангидрит и, наконец, «пережженные» частицы ангидрита. Общесоюзный стандарт на штукатурный гипс не делает различия между материалами, полученными тем или иным методом («варкой» или обжигом), а регламентирует лишь определенные качественные показатели (тонкость помола, сроки начала и конца схватывания и др.). За границей под штукатурным гипсом обычно понимается сравнительно однородный «варочный» гипс, в отличие от строительного, получаемого печным обжигом и характеризующегося вследствие этого большей неоднородностью состава с содержанием продуктов разных степеней обжига, от эстрихгипса до «недожженного» двуводного гипса включительно. Согласно действующему ГОСТ, штукатурный гипс должен удовлетворять следующим требованиям: а) тонкость помола: остаток на сите в 64 отв/см<sup>2</sup> не более 2% и на сите в 900 отв/см<sup>2</sup> — не более 30%; б) сроки схватывания: начало схватывания — не ранее 4 мин. по затворении, конец схватывания — не ранее 6 и не позднее 30 мин.

Штукатурный (или строительный) гипс применяется главным образом для выполнения штукатурных работ в качестве основного слоя или намета, (base coat) и для изготовления деталей. Приготовленная на заводе в различных пропорциях, смесь его с древесным волокном известна в США под названием «fibred plaster». Смесь с песком в пропорции от 2 до 3 частей песка на 1 часть гипса носит название «sanded plaster».

В некоторых случаях штукатурный (или строительный) гипс применяется для кладочных растворов.

### Формовочный (или скульптурный) гипс

Формовочный (или скульптурный) гипс отличается от обычного штукатурного гипса большей тщательностью приготовления и однородностью состава получаемого продукта. Для производства высокосортного формовочного гипса применяют наиболее чистые сорта гипсового камня, не загрязненные посторонними примесями и включениями. Отливки, выполненные из формовочного гипса, отличаются большей плотностью и прочностью, чем из обычного. Стандартом предусматриваются следующие требования к формовочному гипсу: а) тонкость помола: гипс должен проходить без



остатка через сито в 64 отв/см<sup>2</sup>; остаток на сите в 900 отв/см<sup>2</sup> не должен превышать 10%; б) время текучести (описание испытаний гипса будет приведено ниже): не менее 2 мин.; в) сроки схватывания: начало схватывания не ранее 4 мин. по затворении, конец не позднее 20 мин.; в отливках формовочный (скульптурный) гипс должен иметь ровный белый цвет.

В США, где сроки схватывания гипса не регламентируются, на рынок выпускается гипс с различными сроками схватывания, соответственно условиям его практического применения. Достигается это введением в гипс добавок—ускорителей или замедлителей схватывания.

Формовочный (скульптурный) гипс применяется для выполнения лепных и скульптурных работ, архитектурных деталей (карнизов, орнаментов и др.), а также для изготовления форм и моделей.

Торговые сорта американского формовочного гипса носят названия «gauging plaster» и «molding plaster».

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВЫСОКООБЖИГОВЫЕ И ВЫСОКОПРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### Эстрихгипс, или «гидравлический гипс»

Эстрихгипс ( $\text{CaSO}_4$ )—продукт обжига природного гипсового камня в печах при температурах порядка 1000° и выше. Температура обжига для различных сортов природного гипсового камня различна и зависит от его плотности, величины кусков и т. д. Наличие в сырье минеральных примесей сообщает эстрихгипсу розоватую, желтую или иную окраску. Вследствие меньшей чем у полуводного гипса растворимости в воде, схватывание эстрихгипса протекает медленнее и длится от 12 до 36 час.

Водопотребность, т. е. количество воды, необходимое для придания ему рабочей консистенции, составляет 32—35%. Вес эстрихгипса в рыхлом состоянии колеблется от 900 до 1200 кг/м<sup>3</sup> и в уплотненном состоянии—от 1300 до 1700 кг/м<sup>3</sup>. Как показали исследования, переход эстрихгипса в двуводный гипс происходит без изменения видимой формы, т. е. без внутренней перекристаллизации. Прочность, приобретаемая при гидратации отливок из эстрихгипса, объясняется цементированием отдельных его частиц небольшим количеством растворенного в воде сернистого кальция. Поэтому при применении эстрихгипса необходимо стремиться к тому,

чтобы создавались наиболее благоприятные условия для сближения частиц жидкостью и их более плотного соприкосновения друг с другом. Последнее достигается уплотнением растворов эстрихгипса при помощи трамбования.

Эстрихгипс относится к группе так называемых высокопрочных гипсовых вяжущих, причем прочность его возрастает тем больше, чем выше температура его обжига. Так, при температуре обжига в  $1300^{\circ}$  прочность гипса достигает в 7-дневном возрасте: на сжатие  $296 \text{ кг/см}^2$  и на растяжение  $32,9 \text{ кг/см}^2$ ; в возрасте 28 дней: на сжатие  $345 \text{ кг/см}^2$ , на растяжение  $33 \text{ кг/см}^2$ .

В СССР эстрихгипс не нашел себе сколько-нибудь широкого применения. Однако за границей, в частности в США, эстрихгипс применяется для изготовления бесшовных полов, армированных плит для полов и потолков, а также для кладочных растворов. Введение инертных заполнителей в эстрихгипс не рекомендуется, так как этим снижается механическая прочность изделий.

### Ангидритцемент акад. Будникова

Ангидритовый цемент представляет собой вяжущее вещество, состоящее главным образом из безводного сернокислого кальция ( $\text{CaSO}_4$ ), получаемого путем обжига природного двухводного гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) при температуре в  $600\text{—}700^{\circ}$  и последующим тонким помолом с различными минеральными добавками (активизаторами). Вместо ангидрита, получаемого обезвоживанием двухводного гипсового камня, может быть использован природный гипс-ангидрит без предварительного обжига, с введением в него при помоле соответствующих добавок—активизаторов. Последние могут быть введены и отдельно в виде водных растворов в процессе затворения рабочего теста. К таким веществам относятся: бисульфат натрия, вводимый в количестве  $1,0\text{—}1,5\%$ , кислый сульфат и медный купорос ( $0,7\text{—}0,8\%$ ), доломитовая пыль в количестве  $3\text{—}5\%$ , а также основные гранулированные шлаки в составе  $15\%$  от веса шихты. Техническими условиями определены следующие качественные показатели для ангидритового цемента: а) сроки схватывания: начало схватывания—30 мин., конец—не позднее 12 час. от начала затворения; б) равномерность изменения объема: при горячей пробе в течение 2 час. при температуре  $115\text{—}120^{\circ}$ ; в) тонкость помола: остаток на сите  $4900 \text{ отв/см}^2$  не должен превышать  $20\%$ , г) прочность: временное сопротивление растяжению раствора ангидритцемента с песком в

пропорции 1 : 3 по весу должно составлять через 4 дня не менее 12 кг/см<sup>2</sup>, через 7 дней 18 кг/см<sup>2</sup> и через 28 суток 22 кг/см<sup>2</sup>; сопротивление сжатию в образцах соответствующего возраста должно быть не ниже 60, 80 и 100 кг/см<sup>2</sup>.

Ангидритовый цемент применяют в виде бетона для изготовления камней, блоков и неответственных деталей, как штукатурный материал по кирпичу и дереву, в виде цементного теста для искусственного мрамора.

### Специальные гипсовые цементы

Цемент Кина, парианцемент и др. представляют собой обожженный до полной дегидратации (обезвоживания) природный двухводный гипс, обработанный затем раствором квасцов и вновь подвергнутый длительному прокаливанию при температуре от 800 до 1000° с последующим измельчением. В качестве катализаторов могут применяться также растворы буры, сернокислого калия, сернокислого натрия и др.

Гипс «Лор». В отличие от описанных выше цементов (Кина, париан) получается замачиванием дробленого природного двухводного гипса в растворе алюмокалиевых квасцов, последующей сушкой и обжигом при температуре в 550—575°. После охлаждения обожженный продукт подвергается тонкому измельчению. Следует отметить, что большого промышленного значения указанные способы получения специальных гипсовых цементов (кроме ангидритового цемента) не получили, и область их применения ограничивается узким кругом подделочных работ (искусственный мрамор «стуко», искусственные камни, имитации и декоративные украшения), а также отдельными, главным образом художественными, отливками.

### Высокопрочные гипсовые вяжущие

Высокопрочными гипсовыми вяжущими мы в дальнейшем будем называть те материалы, временное сопротивление которых в возрасте 7 суток после затворения будет составлять не ниже 150 кг/см<sup>2</sup> при испытании в кубиках размером 7×7×7 см.

Гипсы, получаемые обработкой природного двухводного камня под давлением (высокопрочный гипс Ранделя и Дейлея, демпферный гипс Садовского и Шкляра, самозапарочный и др.), представляют собой полуводный гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) без примесей или с очень ограниченным количеством примесей других модификаций

типса. Вследствие этого активность таких гипсов значительно выше, чем других гипсовых вяжущих материалов. Водопотребность высокопрочных гипсов, как правило, низка и колеблется в пределах 35—40% от веса гипса. При затворении с водой высокопрочного гипса, полученного методом обработки его насыщенным паром под давлением с последующей сушкой, последний приобретает явно выраженную спутанно-волокнустую кристаллическую структуру, определяющую высокую прочность отформованных из него изделий. Сохраняя в основном принцип и параметры получения гипса обработкой паром под давлением неизменными, отдельные методы, предлагаемые разными авторами, отличаются друг от друга лишь в деталях и аппаратуре. В большинстве случаев полученные этими способами вяжущие материалы обладают быстрыми сроками схватывания и требуют при затворении с водой введения специальных замедлителей.

При повышении водогипсового фактора прочность гипсов значительно понижается. Технические условия регламентируют следующие качественные показатели для высокопрочных гипсов: а) сроки схватывания: начало схватывания—не ранее 3 мин., конец—не позднее 30 мин.; б) прочность: временное сопротивление сжатию в суточном возрасте не менее 90 кг/см<sup>2</sup>, в 7-суточном возрасте не ниже 150 кг/см<sup>2</sup>; в) сопротивление растяжению: в суточном возрасте 18 кг/см<sup>2</sup>, в 7-суточном возрасте не менее 25 кг/см<sup>2</sup>; г) тонкость помола: остаток на сите в 64 отв/см<sup>2</sup> 4% и на сите 900 отв/см<sup>2</sup> 8%. В соответствии с временным сопротивлением образцов сжатию (в 7-дневном возрасте) устанавливаются товарные марки высокопрочного гипса (150—200—250—300—400).

Высокопрочный гипс применяется для производства стеновых блоков, плит и конструктивных элементов, армированных и неармированных деталей и для изготовления гипсобетона. В качестве заполнителей могут быть использованы: древесная стружка, опилки, шлаки, зола, кирпичная щебенка и другие материалы.

Ввиду малой водопотребности, высокопрочный гипс может формироваться методом вибрации на виброплощадках.

Высокопрочный гипс Шоха и Коннингхэма представляет собой полугидрат, получаемый варкой гипсового камня (двугидрата) в растворе сернокислого магния (MgSO<sub>4</sub>). Как и высокопрочный гипс, получаемый методом обработки гипсового камня под давлением, гипс Шоха и Коннингхэма требует небольшого количества воды для получения удобообрабатываемой рабочей массы. Это количество

лежит в пределах 33—38% от веса гипса. Временное сопротивление гипса составляет: на растяжение 32,7 кг/см<sup>2</sup>, на сжатие 300—320 кг/см<sup>2</sup> и выше. Ввиду хорошей связи с арматурным железом и древесным волокном, позволяет изготавливать бетон и железобетон высокой прочности. Может применяться для изготовления сухой гипсовой штукатурки без армирования ее бумагой и картоном, а также для производства ряда других строительных деталей.

## VI. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

Процесс производства гипсовых вяжущих состоит из следующих основных стадий: предварительной подготовки сырья (природного гипсового камня), заключающейся в его грубом дроблении или тонком помоле, непосредственно тепловой обработке (дегидратации) и, наконец, доведении до окончательной тонкости помола, если таковая не была проведена в начале производственного процесса.

Многообразие существующих современных производственных схем позволяет производить группировку или классификацию последних по признакам известной общности процессов, типов применяемого оборудования или основных принципов, заложенных в их основу. Следуя за все усложнявшимся техническим прогрессом в области выпуска гипса, приходится вносить ряд изменений в общепринятую классификацию или перестраивать ее по-иному. Если раньше достаточными признаками для отнесения к той или иной группе служили гранулометрический состав исходного материала (дробление природного камня до или после его тепловой обработки), или ведение обжига гипса путем непосредственного воздействия продуктов сгорания топлива на материал (напольные, шахтные и камерные печи, вращающиеся печи с непосредственным соприкосновением материала с топочными газами), или восприятие тепла путем внешнего обогрева и излучения стенок тепловых установок (варочные котлы), то для современных типов оборудования и технологических схем такое деление в значительной мере теряет свой смысл, так как во многих случаях имеет место объединение этих процессов в одних и тех же аппаратах: совмещение помола с обжигом, обжиг гипса во вращающихся печах с комбинированным применением внешнего обогрева, с непосредственным пропуском дымовых газов через массу материала и т. д. Все это диктует необходимость создания новой классификации, основанной на более глубоких различиях процессов. К ним

относятся прежде всего условия дегидратации природного гипса. С этой точки зрения автору кажется правильным отнести существующие технологические схемы к одной из следующих трех категорий:

1) получение гипса в аппаратах, работающих при нормальном атмосферном давлении (в варочных котлах, печах непосредственно соединенных с атмосферой, вращающихся печах и др.);

2) получение гипса в установках, работающих под давлением (Ранделя и Дейлея, демпферах, самозапарочниках);

3) получение гипса путем варки в жидких средах.

Получение полуводного гипса варкой природного гипсового камня в жидких средах занимает среднее, промежуточное положение между первыми двумя методами (в аппаратах, работающих при нормальном и при повышенном давлении), приближаясь к одному из них отсутствием депрессии, а к другому—наличием в системе жидкой фазы.

Деление же по видам и типам применяющегося оборудования или по другим признакам должно рассматриваться лишь в качестве детализации внутри каждой из этих основных групп. При этом последовательность проведения отдельных операций, как, например, помол гипса до или после тепловой обработки, не будет иметь существенного значения.

## **VII. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ**

### **ДРОБИЛЬНАЯ АППАРАТУРА**

Природный гипсовый камень обычно поступает в производство в виде больших глыб, достигающих в поперечнике 30—35 см и более.

Дробление камня «на щебенку» осуществляется так называемыми дробильными машинами, которые разделяются по принципу действия на щековые (или челюстные) камнедробилки, молотковые дробилки, дробильные или зубчатые валцы и конусные камнедробилки.

#### **Щековые (или челюстные) камнедробилки**

К ним относятся дробилки системы «Блэк» (рис. 8), АКМЭ и др., на которых дробление материала достигается путем раздавливания его между подвижной (качающейся) и неподвижной челюстями (или щеками) дробилки. Схема та-

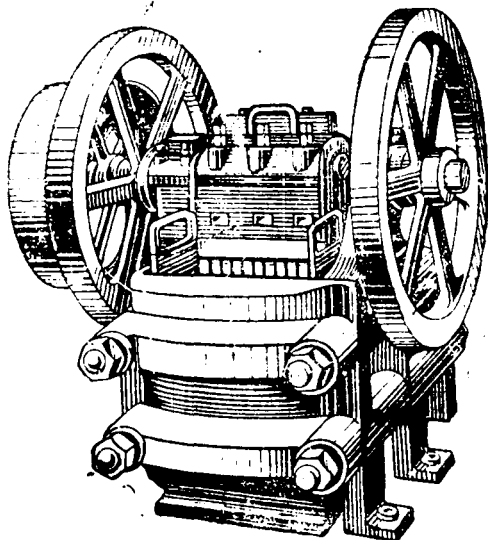


Рис. 8. Дробилка „Блэк“. Общий вид

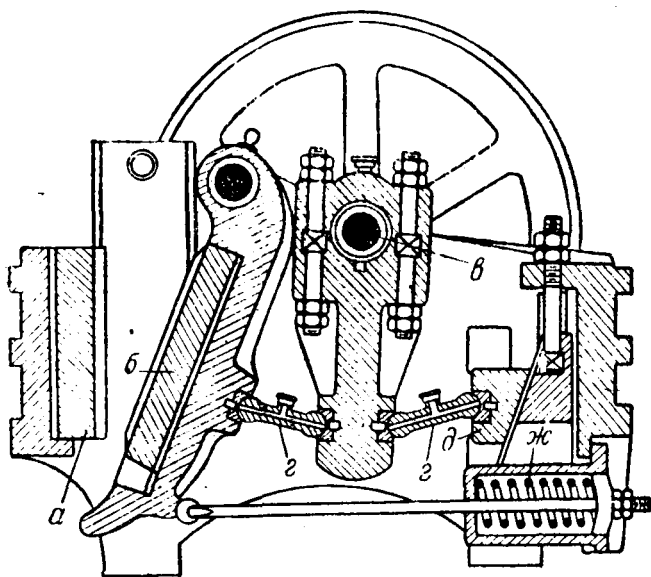


Рис. 9. Дробилка „Блэк“. Разрез: а — неподвижная щека, б — подвижная щека, в — эксцентриковый вал, г — распорные плиты, д — клин, ж — пружина

кой дробилки изображена на рис. 9. Получаемый после дробления продукт обладает более или менее разнообразным гранулометрическим составом, со значительным содержанием мучнистой фракции; последнее объясняется явлением истирания, сопутствующим процессу раздавливания, и имеет место главным образом при материалах малой и средней твердости.

Для уменьшения износа дробящие щеки отливают из отбеленного чугуна или марганцевистой стали. В табл. 8 приводится характеристика щековых дробилок.

Таблица 8

Основные данные	Размер зева (длина × ширина) (в мм)			
	320 × 120	450 × 205	600 × 350	800 × 500
Диаметр приводного шкива (в мм)	600	600	750	1800
Ширина шкива (в мм) . . . . .	110	150	180	240
Число оборотов шкива в 1 мин.	180	225	225	225
Габаритные размеры (в мм):				
длина . . . . .	1900	2300	2450	3700
ширина . . . . .	1250	1600	2000	2350
высота . . . . .	1520	1500	1800	2100
Ширина щели (в мм) . . . . .	25	25—40	25—50	60
Вес (в т) . . . . .	3	7	12	19,6
Требуемая мощность (в л. с.) . .	4	10—12	20—25	50
Производительность (в м³/час) при породах средней твердости . . .	2	3—4	7—12	35—45

### Молотковые дробилки

Машины этого типа (рис. 10 и 11) осуществляют дробление материала ударами быстро вращающихся молотков; к их числу относятся дробилки «Клеро», «Gründler», «Jeffrey» и др. Основные показатели по мельницам этого типа сведены в табл. 9.

Таблица 9

Основные данные	Размеры приемного отверстия (в мм)				
	100 × 200	120 × 220	150 × 260	170 × 300	260 × 400
Число оборотов в 1 мин.	1600	1200	1000	900	800
Вес (в т) . . . . .	0,6	0,7	0,8	1,5	2,5
Требуемая мощность (в л. с.) . . . . .	4—5	4—5	7—8	15—16	30—35
Производительность (в т/час) . . . . .	0,0—0,8	1,5—2,6	2,0—3,0	3,5—8,0	8,0—15,0



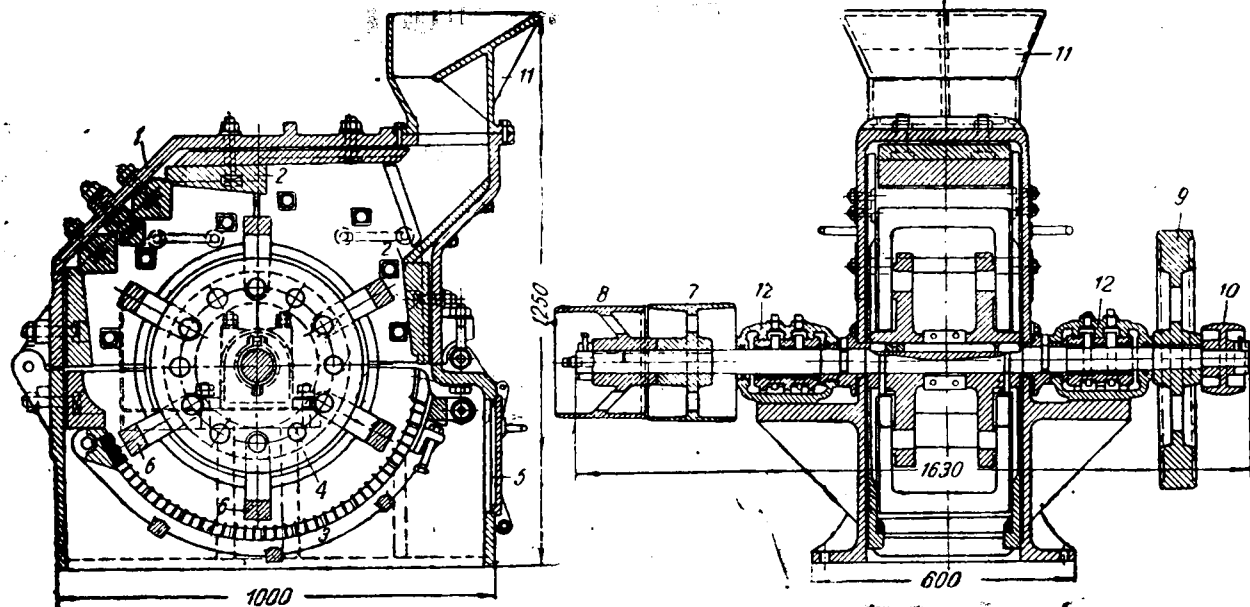


Рис. 10. Схема дробилки „Клеро“: 1—корпус, 2—броневые плиты, 3—колосники, 4—диск-билодержатель, 5—смотровой люк, 6—молотки (била), 7, 8 и 9—шкивы, 10—подшипник, 11—питательный бункер, 12—закрытые подшипники.

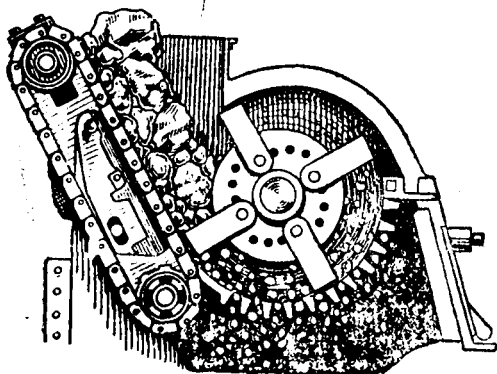


Рис. 11. Молотковая дробилка с подвижными броневыми плитами

один вал помещаются во впадинах между венцами другого, причем между ними остается еще некоторый промежуток, от величины которого зависит предельный размер получаемого продукта. Куски материала, загружаемого в приемную воронку дробилки, захватываются зубцами валков, вращающихся навстречу друг другу, и разрушаются ими путем изгиба.

Молотковые мельницы могут давать также и тонкий помол материала.

### Валковые дробилки

Дробление материалов на валковых дробилках (рис. 12) осуществляется по принципу изгиба. Рабочими органами этой дробилки являются расположенные параллельно друг другу валки, на цилиндрическую поверхность которых надет ряд зубчатых венцов. Венцы

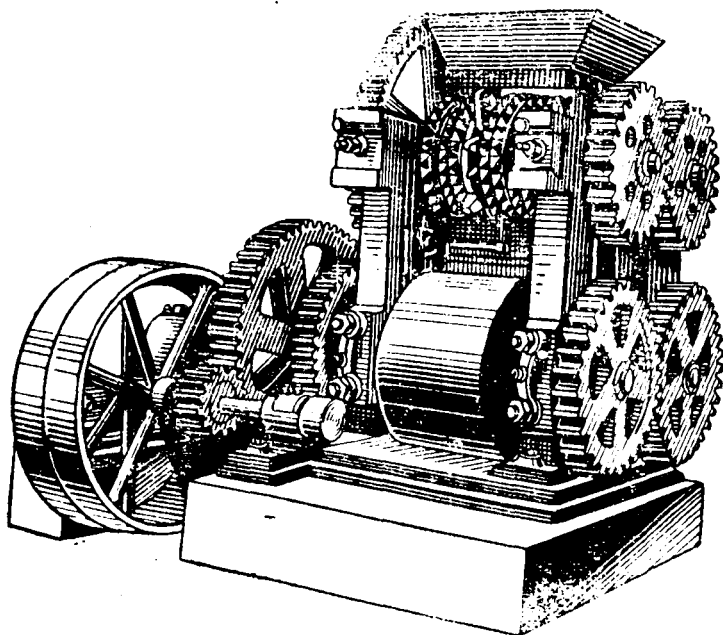


Рис. 12. Дробильные вальцы

Благодаря тому, что момент истирания почти совершенно отсутствует, перерабатываемый материал получается с незначительным содержанием пыли.

Производительность и размеры валковых дробилок приведены в табл. 10.

Таблица 10

Основные данные	Размер валцов (диаметр $\times$ ширина) (в мм)	
	610 $\times$ 350	1200 $\times$ 350
число оборотов валцов в 1 мин. . .	90	40
Максимальный размер поступающих кусков (в мм) . . . . .	30	50
Ширина щели (в мм) . . . . .	7	13
Вес (в т) . . . . .	5,6	18,5
Требуемая мощность (в л. с.) . . . .	10,0	20,0
Производительность (в т/час) . . . .	6—8	10—15

### Конусные дробилки

Значительное распространение в гипсовой промышленности Америки получили конусные дробилки (рис. 13); их выпускает целый ряд фирм («Allis—Chalmers» и др.). Отдельные типы дробилок, как, например, «Мак-Кули», «Сай-

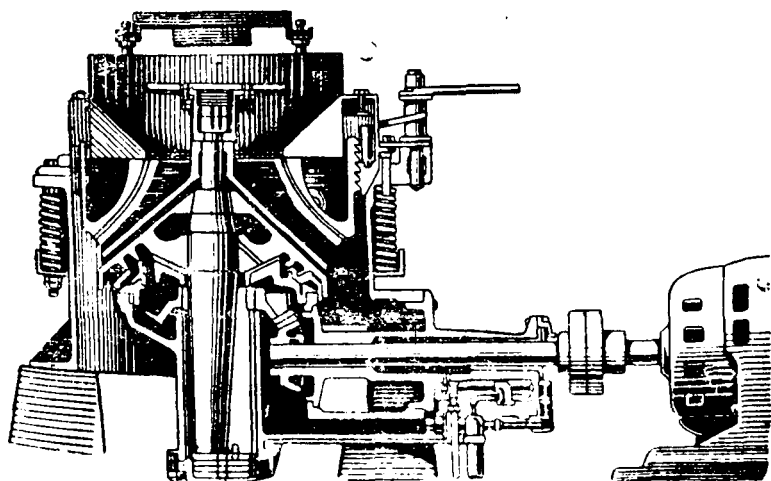


Рис. 13. Конусная дробилка

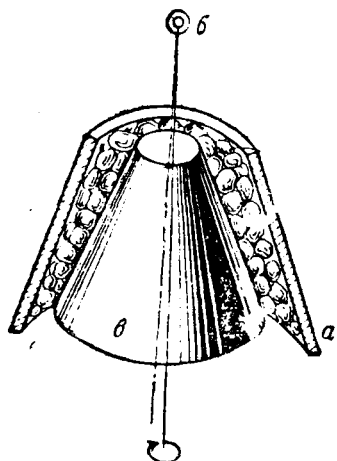


Рис. 14. Схема работы конусной дробилки: *a*—корпус, *б* — шарнир, *в* — подвижный конус

монс» и др., отличаются друг от друга только конструктивными особенностями. Принцип действия конусных дробилок легко уяснить из схемы, приведенной на рис. 14.

Внутри конусообразного металлического корпуса *a* на шарнире *б* укреплен другой подвижный усеченный конус — *в*, ось которого описывает при движении окружность вокруг вертикальной оси наружного (неподвижного) конуса. При этом в каждый отдельный момент образующие поверхностей обоих конусов, сближаясь в одном месте, расходятся в другом. Это движение может быть уподоблено сближению и отдалению подвижной челюсти щековой дробилки от неподвижной.

Дробление поступающего сверху материала происходит в момент сближения конусов. В это же время через

расширяющуюся щель противоположной стороны проваливается вниз раздробленный в щебенку материал.

Основная характеристика конусных дробилок приведена в табл. 11.

Таблица 11

Основные данные	Диаметр конуса (в мм)				
	275	400	650	1050	1250
Часовая производительность (в т) . . .	1,2	2,0	4,0	8,0	10,0
Потребная мощность (в л. с.) . . . . .	2,0	4,0	6,0	10,0	12,0
Вес машины (в т) . . . . .	0,4	0,9	2,0	5,0	7,3

## ПОМОЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Тонкий помол гипса производится специальными помольными установками, или мельницами. Последние представлены довольно большой группой машин. К ним относятся: мельничные поставы, дезинтеграторы, цилиндрические или конические шаровые и стержневые мельницы, специальные мельницы

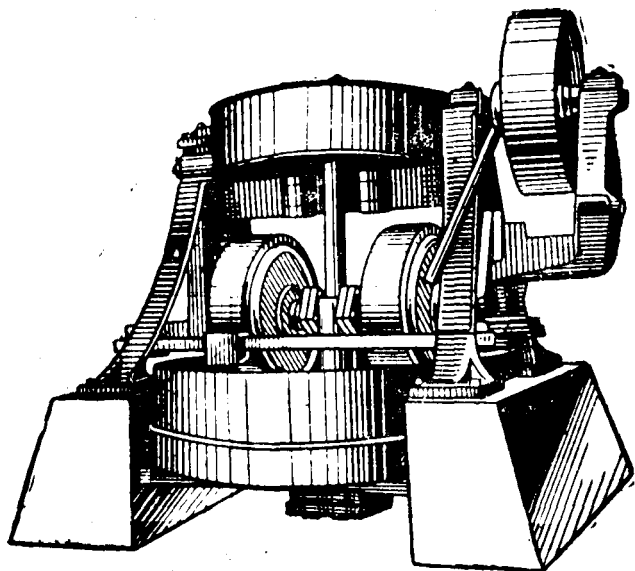


Рис. 15. Бегуны

(систем Фуллера, Руллета, Вильямса и Раймонда), а также азробильные мельницы «Резолютор».

На небольших старых предприятиях получили некоторое распространение бегуны и мельничные поставы для помола гипса. Вследствие неэкономичности, а главное—незначительной производительности, они постепенно вытесняются из современной промышленности.

### Бегуны

Бегуны (рис. 15) состоят из чаши, по которой катятся два параллельных жернова. В некоторых случаях, наоборот, устраивается подвижная чаша, а жернова, вращаясь только вокруг своей оси, в силу трения о плоскость чаши остаются на одном и том же месте. По расположению привода различают бегуны с нижним или верхним приводом. Работа бегунов заключается в раздавливании материала, попадающего под жернова (бегуны), и в растирании его во время осевого сдвига жерновов при вращении. Для ворошения измельчаемого материала и его направления под бегуны служат специальные гребки, насаженные на том же валу, что и жернова.

Различают два типа мельничных поставов: вертикальные и горизонтальные. Основной частью поставов являются жернова, изготавливаемые обычно из пород большой твердости (например кварцитовые, песчаниковые и др.).

Горизонтальные поставы (рис. 16) состоят из двух расположенных друг над другом горизонтальных жерновов, из которых один покоится неподвижно, а другой укреплен на вращающемся валу, сообщаемом жернову вращательное движение. Поверхности жерновов, обращенные друг к другу, делаются не гладкими, а имеют специальную насечку. Жернова заключены в железный кожух. В центре верхнего жернова устраивается загрузочное отверстие, из которого материал увлекается жерновами и, будучи растерт в

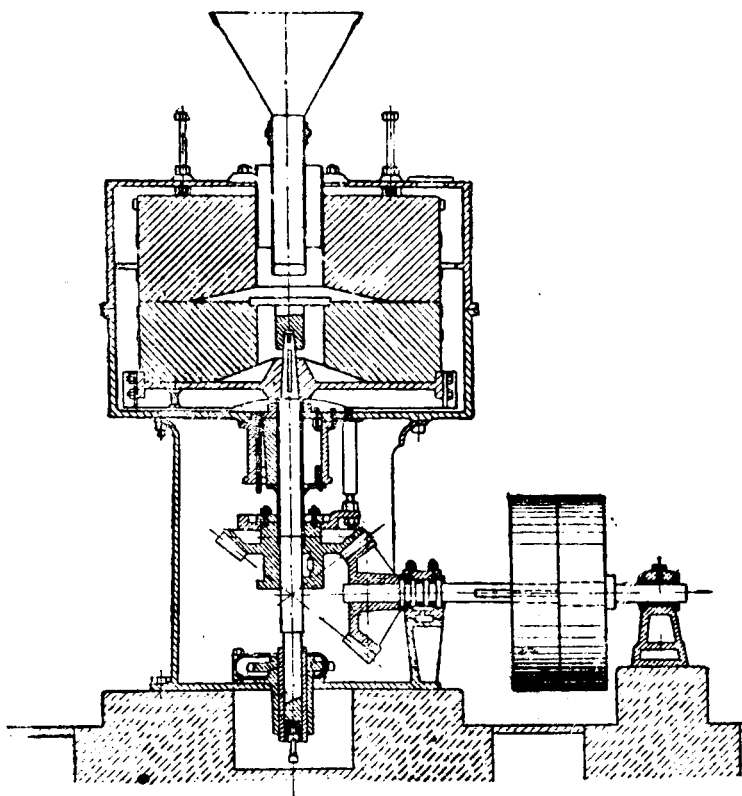


Рис. 16. Мельничный постав (горизонтальный)

тонкий порошок между плоскостями жерновов, устремляется под влиянием центробежной силы к периферии жерновов.

В табл. 12 приводится характеристика горизонтальных мельничных поставов.

Таблица 12

Основные данные	Диаметр жерновов (в мм)		
	1200	1500	1800
Число оборотов в 1 мин. . . . .	120	105	90
Производительность (в т/ч) . . .	1	1,5	2,0
Потребная мощность (в л. с.) . .	15	28	40½

Вертикальные поставы отличаются от горизонтальных только взаимным расположением жерновов. При этом обычно один из вертикальных жерновов делается неподвижным.

Характеристика вертикальных мельничных поставов приведена в табл. 13.

Таблица 13

Основные данные	Размер катка (диаметр × ширина) (в мм)	
	1600 × 450	1800 × 450
Шкив: диаметр (в мм) . . . . .	1600	1800
ширина (в мм) . . . . .	250	320
Число оборотов шкива в 1 мин.	165	145
"      "      1	122,5	120
Потребная мощность (в л. с.) . .	28	40
Производительность (в т/час) . .	5—6	6—8

### Дезинтеграторы

Дезинтегратор (рис. 17) состоит из двух дисков, закрепленных на самостоятельных валах, которые вращаются в противоположных направлениях. На обоих дисках посажены по окружности в два или несколько рядов стальные пальцы. Свободные концы пальцев каждого ряда связаны железными кольцами, что сообщает им необходимую жесткость. Радиусы окружностей расположения пальцев одного диска вы-

бираются с таким расчетом, чтобы последние входили между двумя рядами пальцев другого диска. Таким образом, в собранной машине все ряды пальцев расположены по концентрическим окружностям, и при работе дезинтегратора каждый из них вращается в обратном направлении по отношению к соседнему ряду. Материал, поступающий через воронку в центральную часть машины, попадает между быстро вращающимися пальцами и разбивается последними на мельчайшие частицы.

По аналогичному принципу работают и другие помольные машины, как, например, мельницы «Симплекс-Перплекс». В отличие от дезинтеграторов они снабжены одним подвижным диском с насаженными пальцами, а роль другого диска играет самый корпус машины, на котором закреплены в соответствующем порядке пальцы (штифты).

Мельница «Симплекс-Перплекс» изображена на рис. 18. В табл. 14 приведены данные по дезинтеграторам и в табл. 15 по мельницам «Симплекс-Перплекс».

Таблица 14

Основные данные	Наружный диаметр корпуса (в мм)		
	800	1000	1350
Диаметр приводного шкива (в мм)	300	400	600
Ширина (в мм) . . . . .	150	200	260
Габаритные размеры (в мм)			
длина . . . . .	2200	2700	2900
ширина . . . . .	1250	1350	1700
высота . . . . .	1120	1345	1740
Число оборотов (в 1 мин.) . . .	600—800	500—700	300—450
Вес (в т) . . . . .	1,325	2,4	3,5
Потребная мощность (в л. с.) . .	10	12	15
Производительность (в т/час) . .	1,75	4,0	6,0

Таблица 15

Основные данные	Номера мельниц			
	I	II	III	IV
Производительность при 8—10%-ном остатке на сите 5000 отв/см <sup>2</sup> (в кг/час) . . . . .	350	500	1150	1700
Потребная мощность (в л. с.) . . . . .	3	5	12	17
Вес (в кг) . . . . .	130	260	470	870



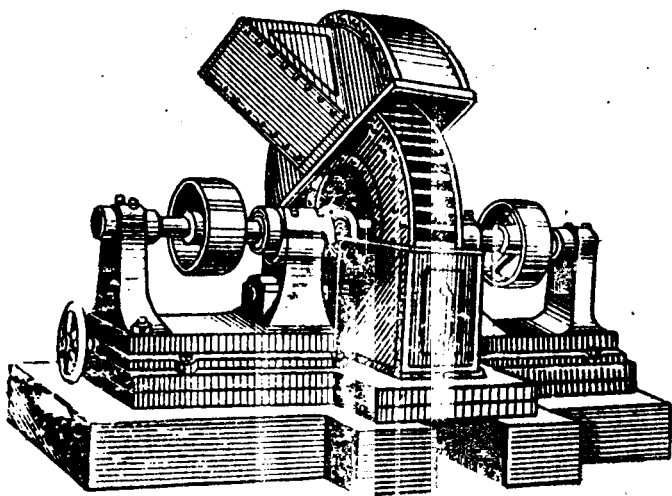


Рис. 17. Дезинтегратор

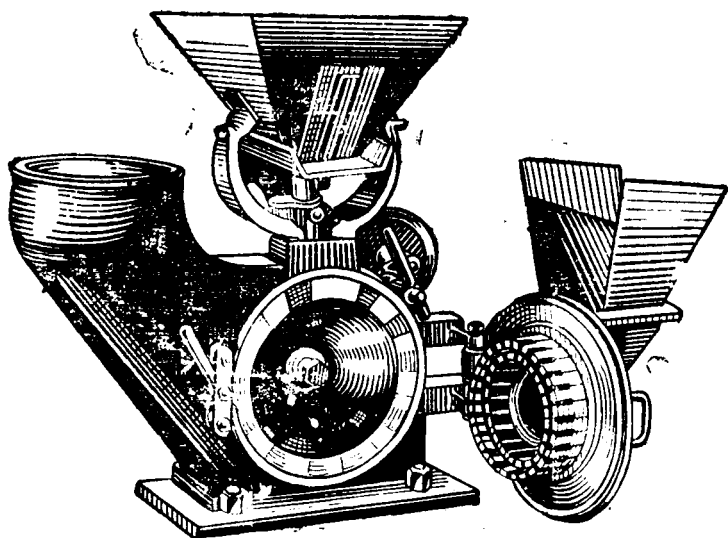


Рис. 18. Мельница „Симплекс-Перплекс“

## Шаровые и стержневые мельницы

В основу действия машин этого типа положено использование живой силы падающих шаров (дробящих тел) для измельчения материала. Шаровые мельницы могут быть периодического и непрерывного действия. Первые представляют собой вращающийся железный барабан цилиндрической формы (рис. 19) с люком для загрузки и выгрузки шаров и измельчаемых материалов, плотно закрывающимся специальной крышкой. Питание шаровых мельниц непрерывного действия обычно производится через полую цапфу в стенке мельницы. Разгрузка же, в зависимости от типа мельниц, может осуществляться либо через вторую полую цапфу (рис. 20), либо через отверстия в броне-вых плитах, образующих корпус мельницы (рис. 21). Попадая на сита, окружающие цилиндр, фракции необходимой тонкости помола проходят через сита, а более крупные частицы скатываются при вращении мельницы по щиткам обратно внутрь мельницы для дополнительного измельчения (мельницы с периферической разгрузкой).

Работа мельницы заключается в том, что под влиянием развивающейся при ее вращении центробежной силы шары поднимаются на некоторую высоту, обусловленную их весом и числом оборотов мельницы. По мере поднятия шаров одновременно происходит процесс истощения в них запасов

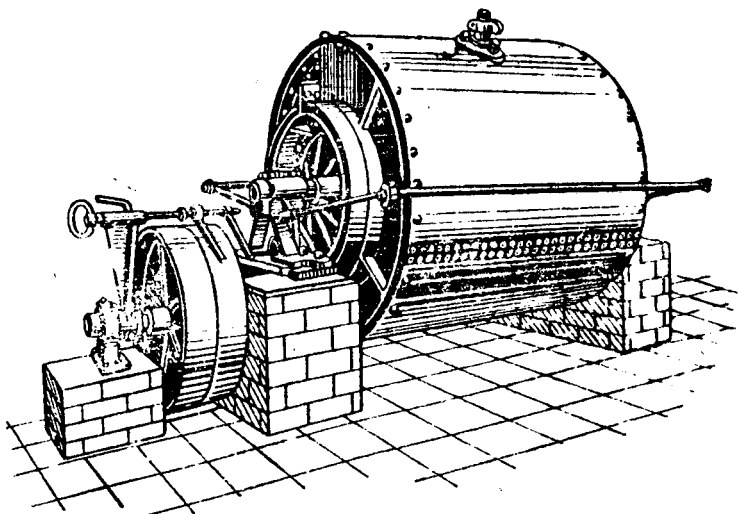


Рис. 19. Шаровая мельница периодического действия

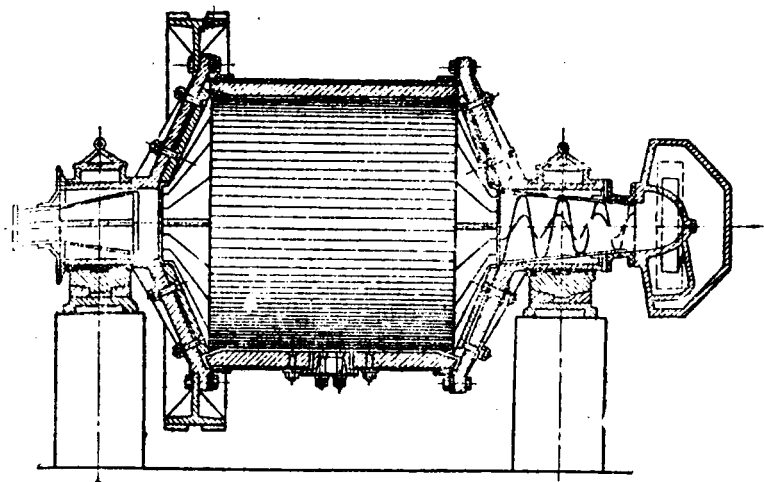


Рис. 20. Шаровая мельница постоянного действия с разгрузкой через полую цапфу

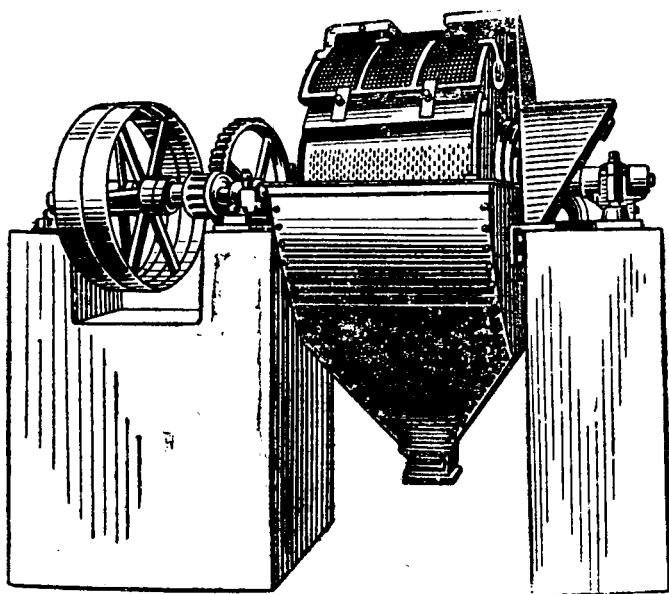


Рис. 21. Шаровая мельница постоянного действия с периферической разгрузкой

центробежной силы и накопления потенциальной силы тяжести, которая в определенный момент отрывает шары от стенок барабана и переходит в кинетическую энергию, т. е. живую силу падения. Так как падающие шары обладают большой величиной и твердостью, чем материал, то последний под влиянием многократно повторяющихся ударов измельчается до необходимой степени. Наибольшим распространением пользуются шары из специальной марганцевистой или хромоникелевой стали.

В отличие от шаровых мельниц стержневые мельницы (рис. 22) заполняются стальными стержнями из углеродистой стали.

Вследствие того, что стержни дробят материал не одной точкой соприкосновения, как шары, а по своей образующей, в этом случае имеет место более равномерный помол, так как стержень дробит мелкие частицы лишь после того, как будут раздроблены более крупные. Ниже приводится характеристика шаровых (табл. 16) и стержневых (табл. 17) мельниц.

Таблица 16

Основные данные	Номера мельниц				
	2	3	5	7	10
Число оборотов в 1 мин.	32	29	26	25	23
Производительность (в т/час) . . . . .	0,5—0,6	0,7—0,9	1,5—1,6	2,2—2,3	4,4—4,6
Потребная мощность (в л. с.) . . . . .	6	8	15	25	45
Вес шаров (в т) . . . . .	0,3	0,6	0,9	1,3	2,6
Габаритн. размеры (в м)					
диаметр . . . . .	1,64	1,89	2,21	2,41	2,63
длина . . . . .	0,80	1,03	1,03	1,38	1,63

Таблица 17

Габаритные размеры (в мм)		Число оборотов в 1 мин.	Производительность (в т/час)	Потребная мощность (в л. с.)	Вес (в т)
диаметр	длина				
610	1220	33	0,22—1,0	5—7	0,75
915	1830	30	0,70—3,4	15—18	2,0—2,5
915	2440	30	9,20—4,2	24—28	3,0—4,0
1120	2440	25	2,20—11,0	45—50	6,0—7,0



Рис. 22. Стержневая мельница с совмещенными помолом и сушкой

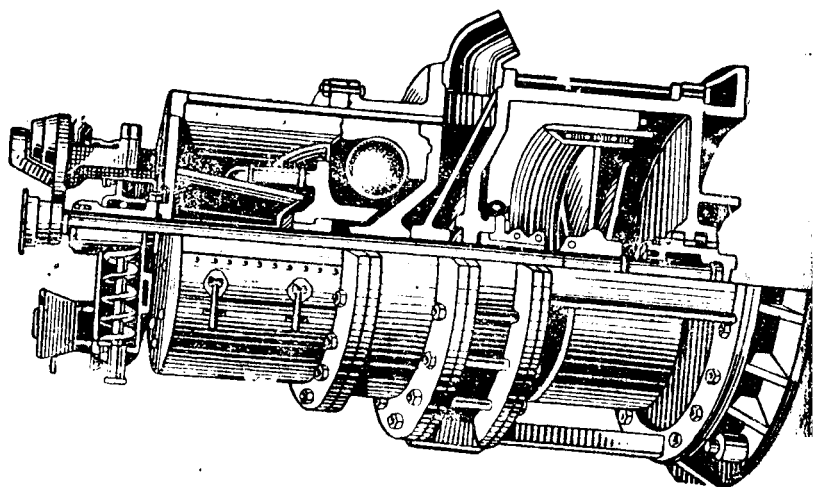
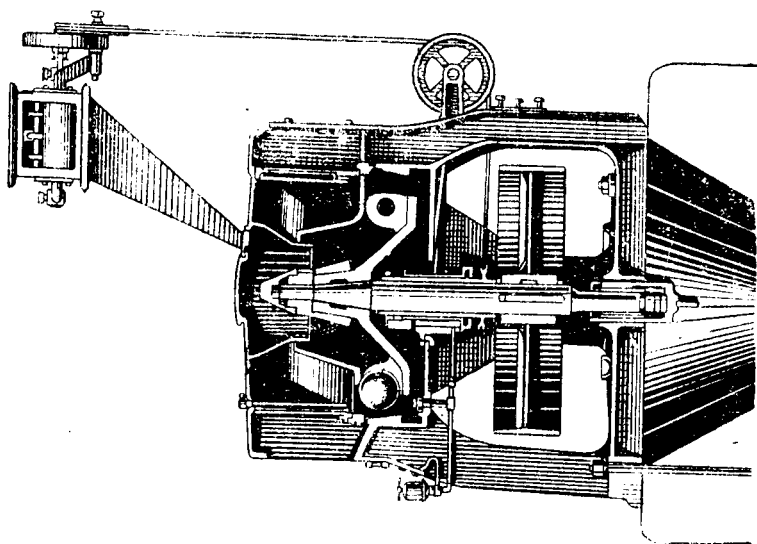
### Маятниковые и быстроходные шаровые мельницы

К этой группе помольных установок относятся мельницы систем Фуллера, Руллета и Раймонда (рис. 23, 24 и 25).

Основную часть мельниц составляет металлический корпус со специальной помольной камерой, представляющей собой стальное кольцо или обод, внутри которого вращается на валу крестовина.

В одних случаях (мельницы конструкций Раймонда, Вильямса) к крестовине подвешиваются, наподобие маятников, тяжелые ролики; в других случаях, как, например, в мельницах типа Фуллера и Руллета, вместо подвесных маятниковых роликов между лопастями крестовины укладываются стальные шары (рис. 26). При быстром вращении крестовины развивается значительная центробежная сила, заставляющая ролики или шары плотно прижиматься к ободу помольной камеры.

Материал, подаваемый автоматическим питателем в помольную камеру, попадает между ободом и мелющими шарами или роликами и измельчается ими в тонкий порошок. Последний увлекается струей нагнетаемого в мельницу воздуха через сита или сепараторы. Привод, сообщающий вра-



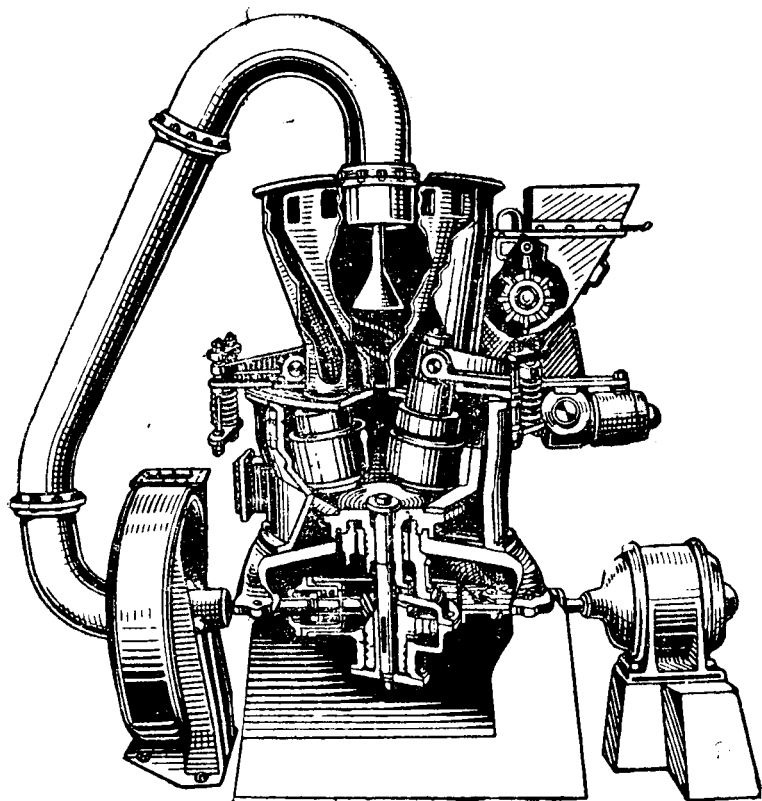


Рис. 25. Мельница Раймонда

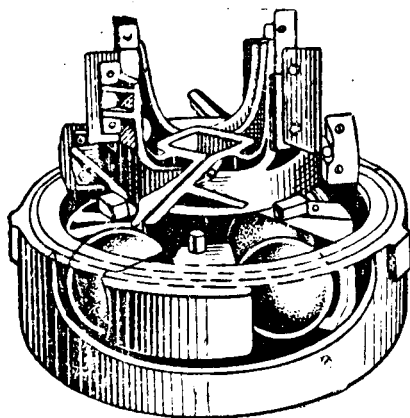


Рис. 26. Помольная камера мельницы Фуллера

щение вала крестовины, обычно располагается в нижней части корпуса мельницы.

Описываемые мельницы в настоящее время завоевали всеобщее признание и находят все большее и большее распространение во всех областях техники, связанных с тонким помолом. Особенно это относится к мельницам Раймонда, которыми оборудованы передовые гипсовые предприятия США построенные в течение последнего ряда лет. Возможность подавать при помощи эксгаустеров в мельницу горячий воздух или топочные газы позволяет совместить в ней процесс помола с подсушкой материала. Схема такой комбинированной установки Раймонда показана на рис. 27.

В табл. 18 приведена основная характеристика быстроходных шаровых мельниц системы Фуллера.

Таблица 18

Габариты мельницы (в мм)	Номер мельницы	Число оборотов в 1 мин.	Производи- тельность (в т/час)	Потребная мощность (в л. с.)	Вес (в т)	Начальный размер кусков (в попереч-
Пл. 1300/1300, высота 2400	I	300	0,75—1,0	10	3,6	15
„ 1300/1300, „ 2'00	II	210	2,5 —3,0	35—40	8,0	20
„ 1'00/1300, „ 2400	III	160	8,0—12,0	90—100	15,0	25

Наиболее распространенный тип маятниковых мельниц системы Раймонда, в частности установленных и находящихся в эксплуатации на американских заводах одной из ведущих фирм—«Национальной гипсовой компании» (National gypsum Company), обладает следующей характеристикой:

Количество измельчающих роликов в помольной камере (в шт.)	5
Часовая производительность (в т)	10
Потребная мощность (в л. с.)	75
Число оборотов в 1 мин.	1165

## АППАРАТУРА ДЛЯ ПРОСЕИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

В технологии производства гипсовых вяжущих процесс просеивания как сырья, так и готового материала имеет исключительное значение. Нормальная работа каждого аппарата, как, например, машин грубого, среднего и тонкого помола и в особенности тепловых установок, зависит от регулярного



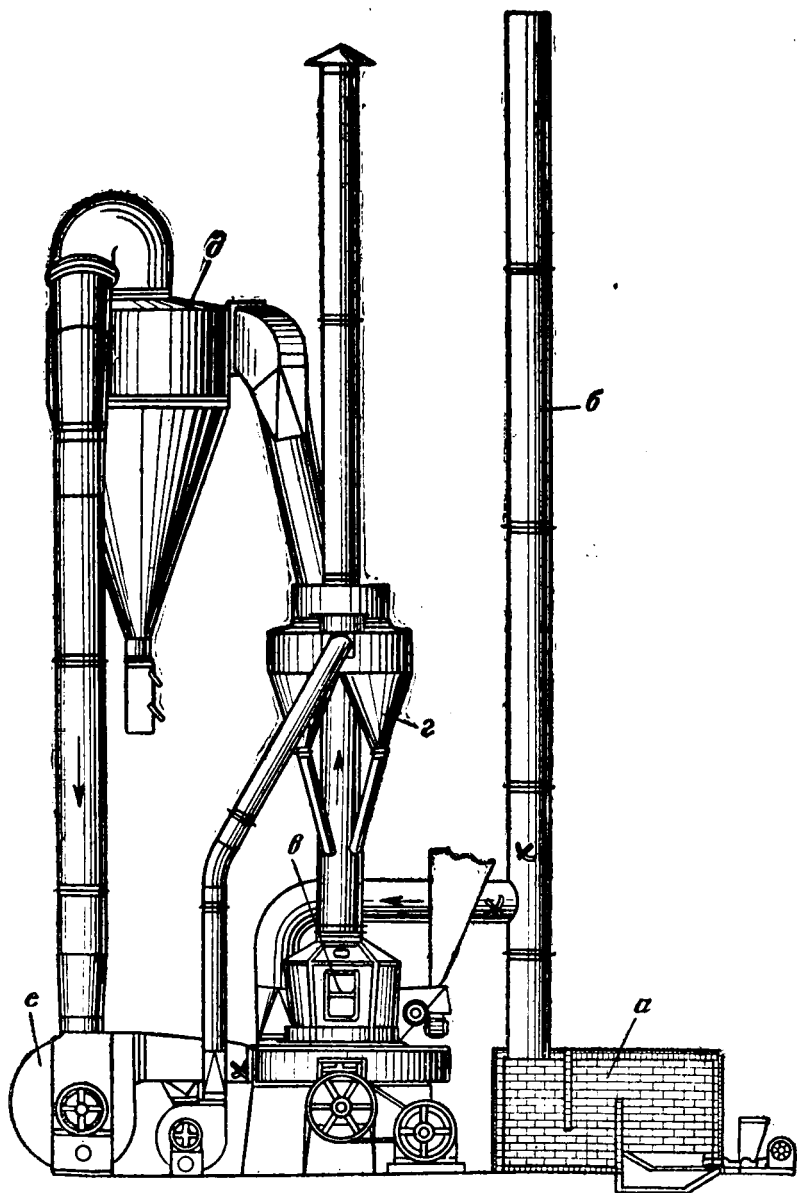


Рис. 27. Схема помольной установки Раймонда, совмещенной с сушкой:  
а—топка, б—дымовая труба, в—мельница Раймонда, г—циклон, д—сепаратор, е—вентилятор

его питания материалом соответствующей крупности частиц или кусков. Всякий дробильный и помольный агрегат, в зависимости от своих конструктивных особенностей и свойств измельчаемой породы (твердость и плотность), имеет свой определенный оптимум в смысле развиваемой производительности и расхода мощности на единицу измельчаемого материала.

Этот оптимум является функцией крупности кусков поступающего в аппарат для измельчения сырья и тонкости конечного продукта. Помимо того, что питание машин при ином соотношении кускового состава сильно отражается на производительности и мощности установок, оно чрезмерно изнашивает механизмы, сокращая срок их службы, и зачастую является причиной поломок и тяжелых аварий.

Еще серьезнее вопрос о гранулометрическом составе материалов стоит при обслуживании тепловых установок, где он прямо и непосредственно определяет качество получаемой продукции.

Поэтому, характеризуя ту или иную тепловую установку по производству гипсовых вяжущих, одним из первых ее показателей следует считать кусковой состав материала, поступающего для обжига. Каждая такая установка рассчитана на определенное время пребывания обжигаемого гипса в печной атмосфере. В зависимости от тонкости помола и типа печей это время исчисляется от нескольких минут до десятков часов. При неоднородности гранулометрического состава одновременно с нормально обожженным гипсом получается пережог более мелких фракций помола и недожог крупной его части. Просеивание материала производится при помощи специальных сит самых разнообразных конструкций.

В гипсовой промышленности чаще всего находят применение грохоты и струнные сита—для отсева более грубых частиц и вращающиеся сита типа «Бурат», вибрационные сита и сепараторы—для просева мелко молотого гипса.

### Вращающиеся сита

Вращающиеся сита обычно бывают двух типов—цилиндрические и многогранные конические (рис. 28 и 29). Принцип действия этих машин ясен из рисунков. Материал, загружаемый с одного конца сита, по мере вращения последнего передвигается к противоположному его концу. Мелкие фракции проходят через сито, а более крупные подвергаются дополнительному измельчению.

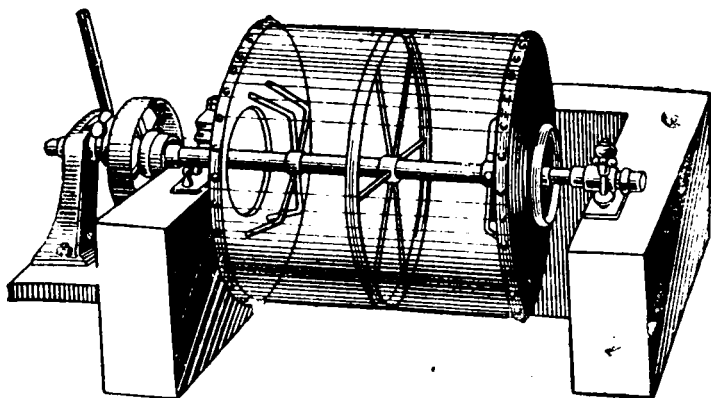


Рис. 28. Цилиндрическое сито

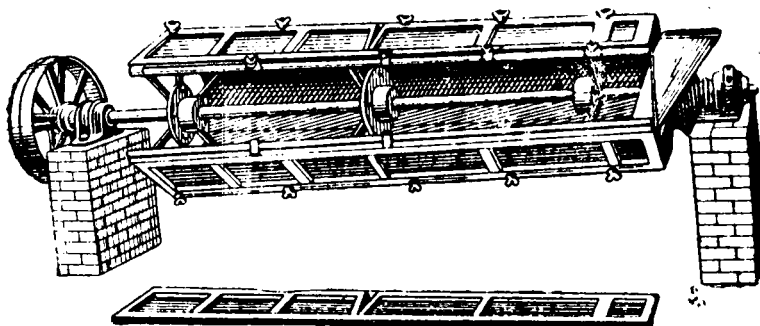


Рис. 29. Сито „Бурат“

### Вибрационные сита

Простейшие, но часто применяемые, вибрационные сита состоят из расположенной под некоторым углом к горизонту металлической рамы с натянутой на ней сеткой и встряхивающего (вибрирующего) устройства. Нижний конец рамы закреплен шарнирно в станине, верхний же свободно покоится на валу с эксцентрически насаженными кольцами. Измельченный материал попадает на сито у приподнятого его конца. При вращении вала с эксцентриками сито энергично встряхивается и просеивает материал. Частота встряхиваний и амплитуда колебаний сита (расстояние между крайними

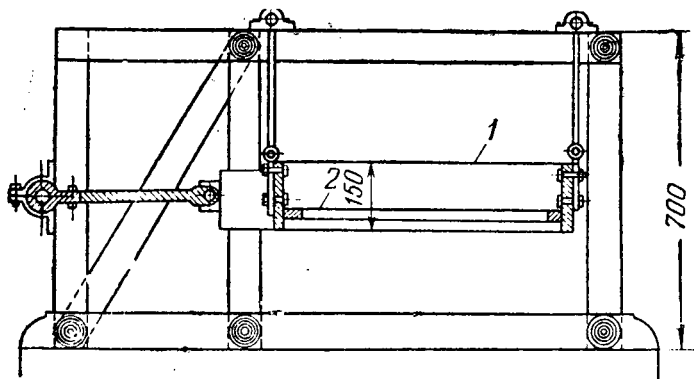


Рис. 30. Схема трякового сита

точками колеблющегося сита) зависят от числа оборотов вала и величины эксцентриситета колец. Под рамой с сеткой расположен лоток или желоб, установленный также наклонно но в сторону, обратную наклону рамы. По этому желобу отсеянный порошок сыпается в сборник, а крупные частицы не прошедшие через сито, скатываются к его нижнему концу и возвращаются для дополнительного размола в мельницу.

Для предохранения материала от потерь и предотвращения попадания пыли в окружающую среду сита обычно заключают в плотные металлические или деревянные кожухи.

Для устройства сит применяются железные, латунные и шелковые сетки. Железные сетки рассчитаны на отсев крупных фракций, частые латунные и шелковые сетки применяются для тонкого просева материала. На мелких предприятиях часто применяют так называемые трясковые сита. Схема такого сита изображена на рис. 30.

В табл. 19 дается характеристика сеток, идущих для обтягивания сит.

Для продления срока служба сит не рекомендуется производить просеивание молотых материалов сразу через наиболее частые и тонкие сита, а предварительно пропускать их через редкие сита с меньшим числом отверстий, чтобы задерживать на них фракции грубого помола. Последние обычно вновь возвращают в помольные машины для измельчения.

На рис. 31 изображено вибрационное сито фирмы Deister Machine Co, состоящее из нескольких располагаемых друг под другом сит различной частоты ячеек.

США, Бюро стандартов				Англия				Германия			
№ сита	Число отверстий на 1 линии	Диаметр проволоки (в мм)	Величина отверстия (в мм)	№ сита	Число отверстий на 1 линии	Диаметр проволоки (в мм)	Величина отверстия (в мм)	№ сита	Число отверстий на 1 линии	Диаметр проволоки (в мм)	Величина отверстия (в мм)
2,5	1,0	1,85	8,00	5	5	2,540	2,540	4	16	1,0	1,50
3	1,2	1,65	6,72	8	8	1,600	1,574	5	25	0,8	1,20
3,5	1,4	1,45	5,66	10	10	1,270	1,270	6	36	0,65	1,02
4	1,7	1,27	4,76	12	12	1,059	1,059	8	64	0,50	0,75
5	2,0	1,12	4,05	16	16	0,795	0,792	10	100	0,40	0,60
6	2,3	1,02	3,36	20	20	0,635	0,635	11	121	0,37	0,54
7	2,7	0,92	2,83	30	30	0,424	0,421	12	144	0,34	0,49
8	3,0	0,84	2,38	40	40	0,317	0,317	14	196	0,28	0,43
10	3,5	0,76	2,00	50	50	0,254	0,254	16	256	0,24	0,38
12	4,0	0,69	1,68	60	60	0,211	0,211	20	400	0,20	0,30
14	5,0	0,61	1,41	70	70	0,180	0,180	24	576	0,17	0,25
16	6,0	0,54	1,19	80	80	0,160	0,157	30	900	0,13	0,20
18	7,0	0,48	1,00	90	90	0,139	0,139	40	1600	0,10	0,15
20	8,0	0,42	0,84	100	100	0,127	0,127	50	2500	0,08	0,12
25	9,0	0,37	0,71	120	120	0,104	0,107	60	3600	0,065	0,10
30	11,0	0,33	0,69	140	140	0,091	0,091	70	4900	0,055	0,08
35	13,0	0,29	0,50	150	150	0,084	0,084	80	6400	0,050	0,07
40	15,0	0,25	0,42	160	160	0,078	0,078	100	10000	0,040	0,06
45	18,0	0,22	0,35	180	180	0,071	0,071	—	—	—	—
50	20,0	0,188	0,30	200	200	0,063	0,063	—	—	—	—
60	24,0	0,162	0,25	—	—	—	—	—	—	—	—
70	29,0	0,140	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—
80	34,0	0,119	0,177	—	—	—	—	—	—	—	—
100	40,0	0,102	0,149	—	—	—	—	—	—	—	—
120	47,0	0,086	0,125	—	—	—	—	—	—	—	—
140	56,0	0,074	0,105	—	—	—	—	—	—	—	—
170	66,0	0,068	0,088	—	—	—	—	—	—	—	—
200	79,0	0,053	0,074	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Раньше в СССР пользовались ситами германского стандарта. В настоящее время перешли на американский стандарт сит.

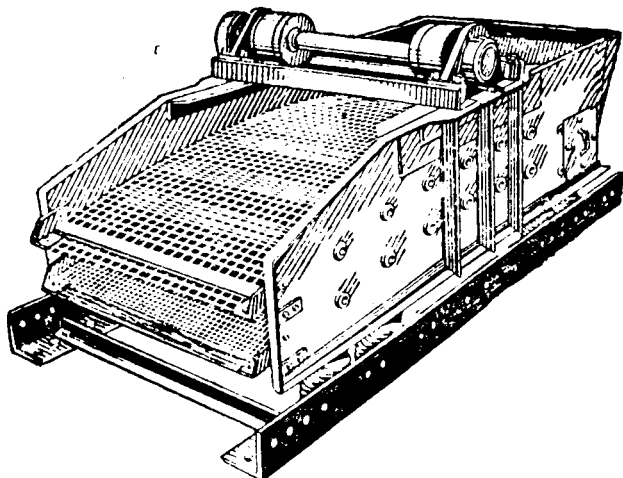


Рис. 31. Вибрационное сито

### Воздушные сепараторы

В основе работы воздушных сепараторов лежит принцип отсеивания. Заключается он в том, что воздушный поток, увлекающий молотый материал различного гранулометрического состава, сообщает отдельным его частицам некоторый запас живой силы, неодинаковый для частиц разной величины и веса.

По мере истощения этой живой силы частицы выпадают из потока. Длительность пребывания частиц во взвешенном состоянии зависит от их веса, а также от степени падения скорости воздушного потока. Процесс осаждения становится очень интенсивным при резком снижении скорости потока, например при расширении его поперечного сечения или в случае если на пути потока встречаются препятствия, при ударе о которые частицы изменяют свое направление или теряют часть запаса живой силы. В сепараторе, изображенном на рис. 32, использованы оба эти принципа.

Сепаратор представляет собой железный ящик большого объема и неправильной формы, снабженный в нижней части двумя патрубками. Внутри сепаратор разделен особой перегородкой на две части: узкую—служащую продолжением вводного патрубка, и широкую—образующую своего рода суживающийся книзу (ко второму патрубку) бункер. Воздушный поток со взвешенными в нем частицами молотого гипса устремляется через нижний вводной патрубок (путь частиц и воздуха показан стрелками) и проходит с большой скоростью

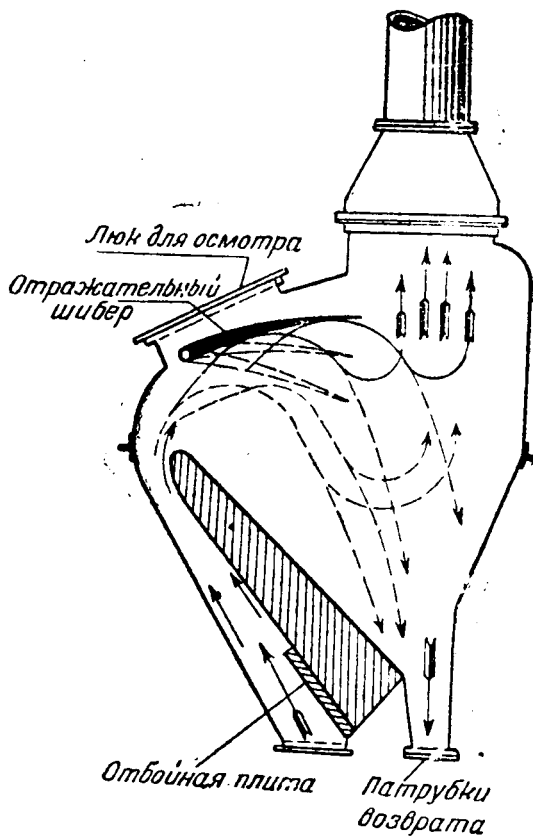


Рис. 32. Схема работы сепаратора с отбойной плитой

через узкое сечение сепаратора. По выходе из последнего он с большой силой ударяется об отражательную плоскость (шибер), расположенную под некоторым углом к направлению потока. При этом частицы материала изменяют направление своего движения. Тяжелые частицы, обладающие большей живой силой, отбрасываются рикошетом вниз и, не будучи более в состоянии удержаться в потоке, удаляются через нижний выводной патрубок из сепаратора для дополнительного измельчения. Мелкие же частицы получают при ударе об отражательный шибер незначительную живую силу и поэтому удерживаются в основном воздушном потоке. Сепарации, т. е. отделению частиц, способствует также снижение скорости воздушного потока вследствие изменения его поперечного сечения. Мелкая фракция помола уносится через верхний патрубок в отстойные камеры для осаждения.

Следует еще отметить воздушные сепараторы другого типа, в которых также используется центробежная сила. Сепаратор (рис. 33) состоит из железного конусообразного резервуара, внутри которого помещается другой, меньший, конический резервуар. Каждый из резервуаров снабжен нижним спусковым патрубком. Внутренний конус имеет по окружности целый ряд щелей для циркуляции воздуха. Наружный резервуар плотно закрыт крышкой, в центре которой пропущен вертикальный полый вал, несущий вентиляторные крылья и специальный распределительный диск. Вал вращается при помощи привода и двух конических шестерен. Загрузка материала производится через полый вал сверху. Попадая на распределительный диск, частицы отбрасываются развивающейся при вращении диска центробежной силой к периферии резервуара и встречают на своем пути восходящий поток воздуха такой скорости, который в состоянии увлечь за собой мелкие частицы, но недостаточен для удержания грубых частиц. Последние падают во внутренний конус и покидают его через разгрузочный патрубок. Тонкая фракция подается вентилятором в кольцевую камеру, образуемую обоими конусами. Ввиду резкого увеличения сечения скорость потока снижается настолько, что частицы не могут больше оставаться в нем во взвешенном состоянии и, выпадая из потока, скатываются через нижний патрубок. Воздух снова проходит через щели внутри аппарата и поворачивает пройденный цикл.

Описываемые сепараторы строятся различными фирмами и составляют неотъемлемую часть современных помольных установок. Характеристика сепараторов приводится в табл. 20.

Таблица 20

Основные данные	Диаметр сепаратора (в м)		
	2,5	2,5	3,7
Число оборотов вертикального вала в 1 мин. . . . .	350	310	240
Число оборотов приводного вала в 1 мин. . . . .	350	310	240
Размер шкива (в мм) . . . . .	600×150	700×150	900×200
Габаритные размеры (в м) . . .	5,2×3,4×2,7	5,5×3,7×3,4	7,6×4,8×4,6
Вес (в т) . . . . .	4,215	5,4	5,366
Потребная мощность (в л. с.) . .	7	10	14
Производительность (в т/час) . .	10—12	18—20	32—35



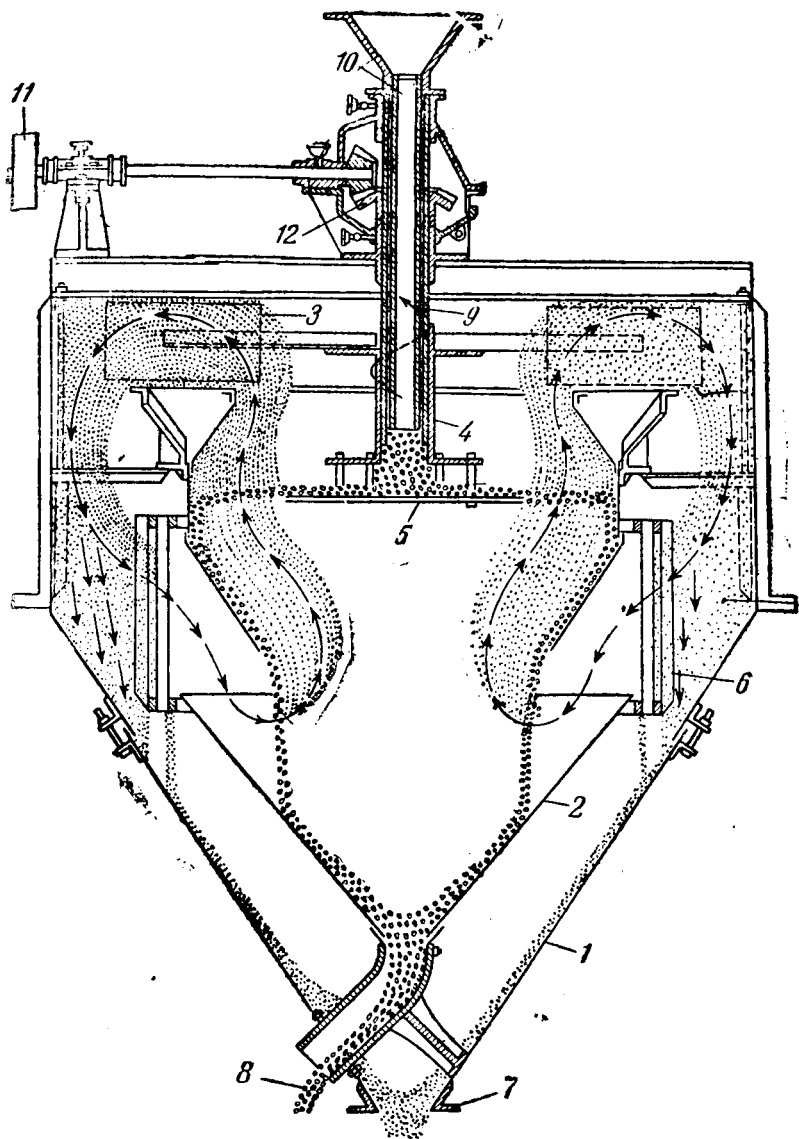


Рис. 33. Центробежный сепаратор: 1—кожух, 2—внутренний бункер, 3—лопастный вентилятор, 4—штука, 5—диск, 6—жалюзи, 7—выход мелкой фракции помола, 8—отвод грубых частиц, 9—полюй вал, 10—бункер, 11—шків, 12—конічніє шестерні

## VIII. АППАРАТУРА ДЛЯ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ ГИПСА

Основным показателем, определяющим состояние гипсовой промышленности, служат типы применяемых тепловых установок. В нашей отечественной гипсовой промышленности, даже в годы наивысшего подъема производства гипса кустарный обжиг в примитивных напольных печах и ямах до стигал 26% от общего количества выпущенного на рынок материала.

В табл. 21 приведены данные о количестве и типах установок для обжига гипсового вяжущего, находящихся в эксплуатации в США и в СССР.

Таблица 21

Страна и год	Типы оборудования		
	варочные котлы	печи	вращающиеся печи и установки
<b>США</b>			
937 . . . . .	179	9	18
938 . . . . .	177	9	16
939 . . . . .	168	9	16
<b>СССР</b>			
Довоенное состояние . . . . .	28	21	8

Примечания: 1. В число вращающихся печей и установок, эксплуатируемых в США, входят 4 варочные молотковые мельницы, установленные в Калифорнии, совмещающие процесс помола и обжига материала.

2. В приведенные данные по промышленности СССР не входят установки по обжигу гипса во взвешенном состоянии и аппараты по выпуску высокопрочного гипса.

Сравнивая приведенные данные (табл. 21) по типам применяемого варочного оборудования в США и в СССР, можно сделать вывод о незначительной оснащенности нашей гипсовой промышленности современными типами оборудования, — до сих пор велик удельный вес шахтных и камерных печей, дающих продукцию низкого качества при больших затратах топлива.

В соответствии с принятой нами классификацией все тепловые установки можно разделить на следующие группы:

А. Установки, работающие без давления: к ним относятся варочные котлы, напольные, камерные, шахт-

ные и вращающиеся печи, а также аппараты для обжига во взвешенном состоянии.

Б. Установки, работающие под давлением: а) демпферные установки (пропарники) конструкции инженеров Садовского и Шкляра; б) самозапарочные аппараты (проф. Скрамтаева и инж. Булычева); в) варочные котлы под давлением (акад. Будникова и инж. Юшкевича).

## АППАРАТЫ, РАБОТАЮЩИЕ БЕЗ ДАВЛЕНИЯ

### Напольные печи

Простейшим типом печей для обжига гипса являются напольные печи (рис. 34). Они представляют собой круглые или прямоугольные камеры, выложенные из кирпича; вместимость их колеблется от 50 до 500 т гипсового камня. В нижней части камер устраиваются топочные дверцы. Против каждой такой дверцы выложены из крупного камня продольные каналы (очелки), перекрываемые сводами из того же камня\*. Поверх очелков печь заполняется вручную дробленым камнем с размерами кусков от 15 до 30 см в поперечнике. Очелки загружают топливом и разжигают через топочные дверцы. В качестве топлива чаще всего применяют дрова. Выделяющиеся при сжигании топлива газы проходят через щели между камнями, образующими своды очелков, пронизывают всю насадку и покидают печь через раскрытый верх или специальное отверстие в своде, если печь снабжена верхним сводом.

Работа напольных печей зависит от правильности загрузки (садки) в них камня. Вследствие того, что по высоте печи температура топочных газов распределяется неравномерно и верхние слои садки встречают более охлажденные газы, необходимо загрузку вести так, чтобы крупные, трудно прогреваемые куски находились в нижней (горячей) зоне печи, а верхние слои складывались бы из более мелкого камня. Таким образом можно добиться некоторого выравнивания условий обжига материала. Кроме неравномерности обжига по высоте, может иметь место неравномерность обжига и по сечению печи. Это явление обуславливается местным уплотнением или разрежением садки камня. При своем дви-

\* На некоторых заводах, например на Ергачинском (Молотовской обл.), в напольных печах устраиваются постоянные сводики из огнеупорного кирпича над топливниками. Длина их достигает половины длины печи.

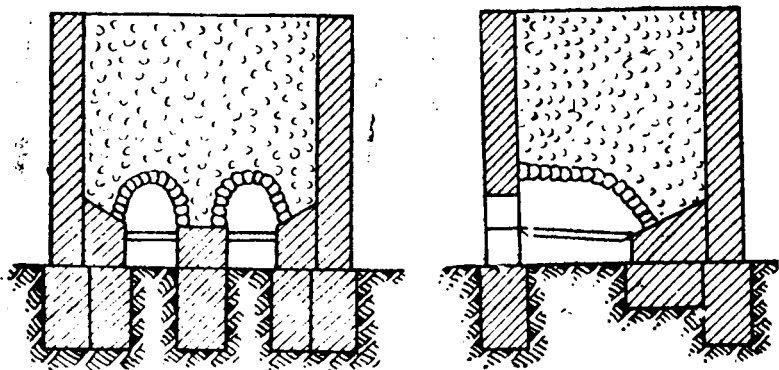


Рис. 34. Напольная печь

жении дымовые газы должны преодолевать сопротивление слоя загруженного материала. Переуплотненная садка в отдельных местах печи создает повышенное сопротивление прохождению газов, и последние, направляясь через щели менее плотной садки, оставляют непрогретым и недожженным камень на уплотненных участках печи.

Длительность обжига гипса в напольных печах колеблется от 20 до 30 час. Выгрузку готовой продукции из печи, как и загрузку камня, производят вручную. Выгруженный из печи гипс подвергают разбраковке, так как даже при самом внимательном ведении садки и процесса обжига всегда одновременно с нормально обожженным гипсом имеют место недожог и пережог некоторой его части. Куски недожженного гипса снова загружают в печь для повторного обжига.

### Камерные печи

Из печей периодического действия, почти не находящихся в настоящее время применения в заграничной практике и постепенно вытесняемых другими, более современными установками являются камерные печи (рис. 35). Строятся они по типу горнов и снабжены отдельными подтопками для сжигания топлива. Горячие топочные газы, выходя из подтопков, направляются специально установленными перевальными стенками в пространство под сводами, затем, опускаясь к поду печей, прогревают всю толщу загруженного камня. Вследствие «опрокидывания» газового потока такие печи носят иногда название печей с «опрокидным пламенем». Под печным подом расположены сборные каналы, соединенные с

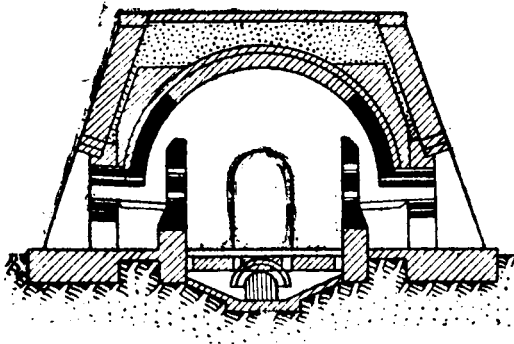


Рис. 35. Камерная печь

внутренним печным объемом системой отверстий (трубочек) в поду печи. С другой стороны сборные каналы соединяются посредством борова с дымовой трубой или вытяжным эксгау-стером (высота дымовых труб 6—10 м).

Камерные печи обычно строятся объемом от 20 до 50 м<sup>3</sup>, при средней высоте камер в 2,5—3,0 м. Съем с 1 м<sup>3</sup> полезного объема в камерных печах составляет от 10 до 13 т гипса в месяц, с учетом времени, затрачиваемого на загрузку и раз-грузку печи. При проектировании камерных печей удобнее пользоваться средней суточной производительностью, состав-ляющей 0,5—0,55 т гипса с 1 м<sup>3</sup> печи (с учетом времени на садку и выгрузку печи).

Для уменьшения теплотерь в окружающую среду и для более экономичного расходования топлива камерные печи строят не отдельно, а блокируют по несколько в один блок. При этом тепло отходящих газов одних печей может быть ис-пользовано для предварительного прогрева и сушки материа-ла в других. Камерные печи, как и напольные, characterизу-ются неоднородностью получаемого продукта и наличием в нем всех трех модификаций гипса (ангидрита, полуводного и двуводного гипса). Во всех описываемых случаях обжига гипса качество последнего может быть в известной мере улучшено выдержкой выгруженного из печей материала в бункерах или закрытых помещениях при температуре, близ-кой к той, с которой он покидает печь. Вследствие проник-новения тепла от поверхности в глубь более крупных ку-сков имеет место переход неразложившегося двугидрата в полуводный гипс, с одной стороны, и присоединение воды растворимым ангидритом с образованием полугидрата—с другой. Следует вообще рекомендовать принятие мер, пре-

пятствующих быстрому удалению влаги из горячего гипса так как соприкосновение с водяными парами выгодно отражается на качественных показателях получаемого продукта.

## Шахтные печи

В отличие от напольных печей шахтные печи являются установками непрерывного действия. Основную часть печи составляет кирпичная шахта с шамотной футеровкой, цилиндрического или прямоугольного сечения. Общепринятая высота рабочей части шахтных печей составляет обычно 4—5 м. По способу сжигания топлива шахтные печи разделяются на пересыпные, когда слои гипсового камня перемежаются слоями топлива (к таким печам относятся изображенные на рис. 36 гарцские печи), и печи с выносными топками (печи системы Майера—рис. 37, Готоп—рис. 38, Маркелова—рис. 39 и др.). Для наблюдения за протекающими в печи процессами служат специальные смотровые окна, расположенные по периметру и высоте всей шахты на расстоянии около 0,8—1,0 м друг от друга.

Разгружают шахтные печи обычно ручной шуровкой через выпускные отверстия, расположенные у основания печей.

В последнее время все большее распространение получают механизированные разгрузочные приспособления, которые значительно облегчают тяжелый труд рабочих, обслуживающих выгрузку печей, и улучшают санитарные условия в цехе. Питание шахтных печей производится дробленой гипсовой щебенкой с величиной кусков от 20 до 15 см. При работе печей по пересыпному методу в качестве топлива применяют тощий короткопламенный каменный уголь. Соотношение загружаемого камня и топлива составляет примерно 1 : 10 по объему.

При работе с выносными топками могут быть использованы и другие виды топлива (дрова, бурые угли и торф).

Сжигание топлива осуществляется, в зависимости от его характера, на горизонтальных или ступенчатых колосниковых решетках, в простых полугазовых или газогенераторных топках. Развивающиеся при этом топочные газы проникают через топочную горловину в рабочую часть шахты и, устремляясь вверх под влиянием тяги, пронизывают весь слой загруженного материала. Для усиления тяги и обеспечения безопасности при обслуживании шахтных печей над ними устраиваются специальные вытяжные зонты, снабженные закрывающимися отверстиями для загрузки гипсовой щебенки и топлива.

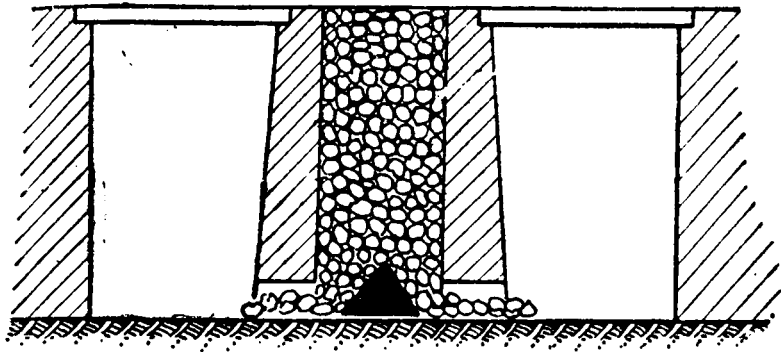


Рис. 36. Гарцская печь

Работу шахтных печей схематически можно представить следующим образом. Поступающий материал, вне зависимости от способа подачи топлива (вместе ли с гипсовым камнем или при сжигании его в специальной топке), встречает в верхних слоях шахты среду со сравнительно невысокой температурой. По мере выгрузки обожженного гипса через нижние (шуровочные) отверстия слои загрузки опускаются ниже, подвергаясь воздействию все более и более высоких температур. При этом происходят постепенное прогревание материала и удаление из него всей химически несвязанной влаги (зона подогрева). В случае работы печей пересыпным способом топливо проходит в зоне подогрева аналогичный процесс сушки и нагревания. Дегидратация двухводного гипса с переходом его в полугидрат происходит в так называемой зоне обжига, характеризующейся максимальной температурой, получаемой за счет сгорания топлива в самой шахте (при пересыпном методе) или ввода потока горячих топочных газов из отдельных топков.

В самой нижней части шахты находится так называемая зона охлаждения материала. В практических условиях эксплуатации печей температура выгружаемого обожженного гипса бывает 70—80°. При работе шахтных печей с полугазовыми или генераторными топками для полного сжигания получаемых продуктов газификации топлива и развития нужной температуры необходимо подвести к зоне обжига достаточное количество воздуха (вторичный воздух); чем выше температура подводимого воздуха, тем выше пирометрический эффект, развиваемый сжигаемыми газами. Поэтому воздух предварительно пропускают через слой обожженного гипса в зоне охлаждения печи. Нагреваясь за счет аккумуля-

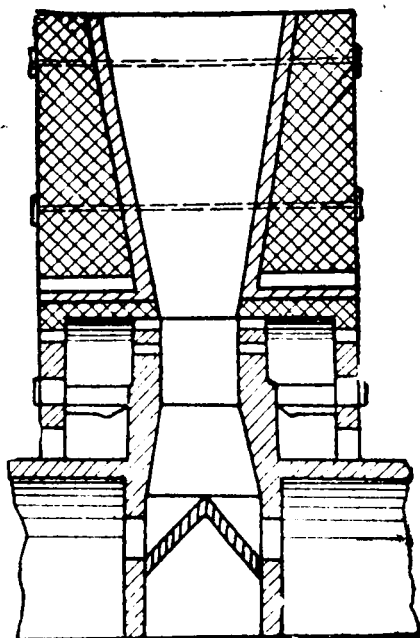


Рис. 37. Печь Майера

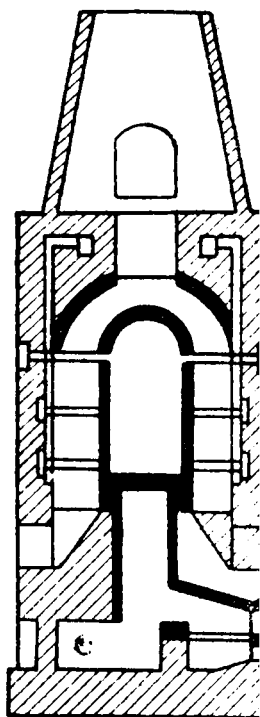


Рис. 38. Печь Готоп

лированного в гипсе тепла, воздух одновременно снижает температуру гипса, уменьшая непроизводительные тепловые потери с выгружаемым материалом.

В шахтных печах системы Готоп (рис. 38) топочные газы, выходя из топки, направляются в пространство, ограниченное шамотным куполом, прогревают кладку печи и, наконец через ряд расположенных по высоте и сечению отверстий приходят в соприкосновение с загруженным в шахту материалом. Аккумуляция тепла печной кладкой создает лучшие условия для обжига, а самая печь вследствие этого обладает более высоким коэффициентом полезного действия по сравнению с другими шахтными печами. Отсос газов производится через систему горизонтальных открытых снизу труб, объединяемых в сборные каналы; последние, в свою очередь соединяются в дымовой трубой. Как отсасывающие трубы так и сборные каналы заключены внутри печной кладки, что



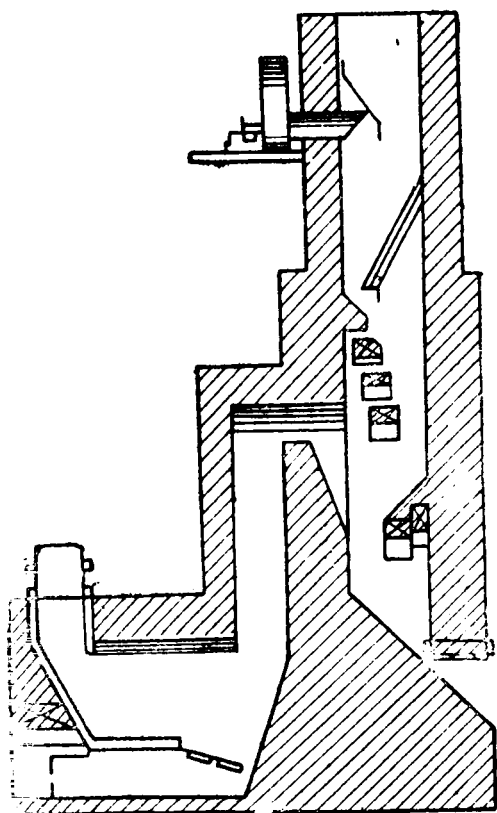


Рис. 39. Печь Маркелова

также содействует лучшему использованию физического тепла отходящих газов\*.

**Шахтная колосниковая печь системы Маркелова.** Печи системы Маркелова (рис. 39) обычно строятся высотой в 8 м и полезным объемом около 10 м<sup>3</sup>. В отличие от шахтных печей других систем печь Маркелова снабжена наклонными колосниками в зоне предварительной подготовки материала и ступенчатыми сводами в зоне обжига. Топливо сжигается в выносной топке, откуда топочные газы устремляются в шахту. Загружаемый материал, направляемый наклонными колосниками и ступенчатыми сводами, продвигается внутри печи зигзагообразный путь, пересекая при своем движении поток топочных газов. Мелкие фракции гип-

сового камня проваливаются вниз по вертикали сквозь щели колосников и проходят зону высоких температур в значительно более короткий отрезок времени, чем куски с большим поперечным сечением. Тем самым удается предохранить до некоторой степени гипсовую мелочь от пережога.

Отсос отходящих газов производится из верхней части печи при помощи дымососа. Производительность печи системы Маркелов 3 т в час, что соответствует суточному съему в 8 т с каждого кубометра полезного объема печи. Расход условного топлива на обжиг 1 т гипса на печах описываемой конструкции колеблется в пределах 40—50 кг.

\* В Советском Союзе для обжига гипса успешно применяются шахтно-волосниковые печи системы Маркелова. Проекты этих печей имеются в Росстромпроекте. *Ред.*

Так же как и напольные, шахтные печи отличаются значительной неоднородностью обожженного гипса и сравнительно высоким удельным расходом топлива на единицу продукции. Сравнительные показатели по расходу топлива на обжиг гипса в различных установках приводятся ниже, в табл. 22, где собраны основные данные по шахтным печам, применяемым в СССР и за границей для обжига строительного гипса и эстрихгипса.

Таблица 22

Система печи	Обжигае- мый материал	Высота печи (в м)	Форма сечения шахты	Размер сечений		Время нахо- ждения в печи (в час.)	Период раз- грузки (в час.)	Производи- тельность в сутки (в т)
				верх- нее	нижнее			
				(в м)				
Гарцская	Строитель- ный гипс и эстрихгипс	5	Круглая со сред- ним диа- метром 2 м	$d=1,8$	$d=2,2$	36	8—12	16
Мейера	Эстрихгипс	5	Прямо- угольная усеченная пирамида	$3 \times 4$	$2,5 \times 1,5$	—	4	20
Шахтная	Строитель- ный гипс	4—5	Прямо- угольная	$2,0 \times 1,2$	$2,5 \times 3,0$	10—12	—	8,0
Марке- лова	"	8	"	$1,2 \times 1,1$	$1,2 \times 1,1$	6—8	8,5	65—70

Примечание. Характеристика строительного гипса дана в г

### Варочные котлы

Наиболее распространенными тепловыми установками для обжига штукатурного гипса, как это легко можно проследить по приведенным данным о типах применяемого в СССР и за границей оборудования (табл. 21), являются варочные котлы. Основные достоинства варочных котлов, определившие их место в промышленности, составляют чистота и сравнительная однородность получаемого продукта, обусловливаемые тем, что гипс обжигается в них в тонко измельченном состоянии при постоянном перемешивании.

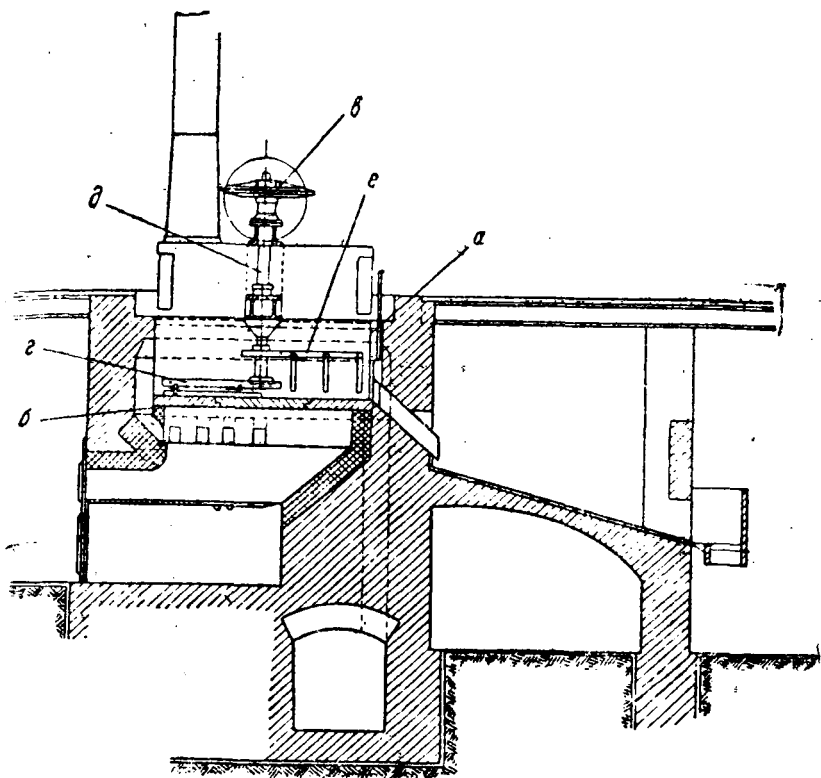


Рис. 40. Варочный котел: *а*—обичайка, *б*—плиты днища, *в*—привод, *г*—скребки, *д*—вал мешалки, *е*—мешалка

Варочный котел (рис. 40) представляет собой железный цилиндр, изготовленный из толстого котельного железа, снабженный чугунным сферическим днищем, обращенным своей выпуклой стороной внутрь цилиндра. Днище делается разъемным и состоит из нескольких частей кругового кольца и центрального круглого диска. Все части днища закрепляются на специальных монтажных кольцах из углового железа. Такая конструкция днищ варочных котлов предохраняет их от чрезмерного износа и позволяет, в случае необходимости, быстро производить их замену или ремонт. Так как при варке гипс обладает большой текучестью и может легко просачиваться через самые узкие щели, швы между элементами днища уплотнены асбестом или глиной.

Варочные котлы снабжены специальными мешалками и гребками, производящими постоянное перемешивание и ворошение обжигаемого гипсового порошка.

В нижней части котла имеется отверстие для выгрузки готового гипса, закрываемое задвижкой (шибером). Под варочным котлом устраивается простая топка с колосниковой решеткой, рассчитанная на сжигание различных сортов топлива (дров, торфа, угля и т. д.). Топочные газы, выходя из топки, прежде всего обогревают днище, затем цилиндрическую часть варочного котла и, наконец, направляются в боков и дымовую трубу.

Загрузку варочных котлов молотым гипсовым камнем производят лишь после того, как днище и стенки котла достаточно разогрелись. При этом объем котла заполняется не весь сразу, а гипс вводится постепенно, небольшими порциями, при постоянном перемешивании мешалкой. Заполнение

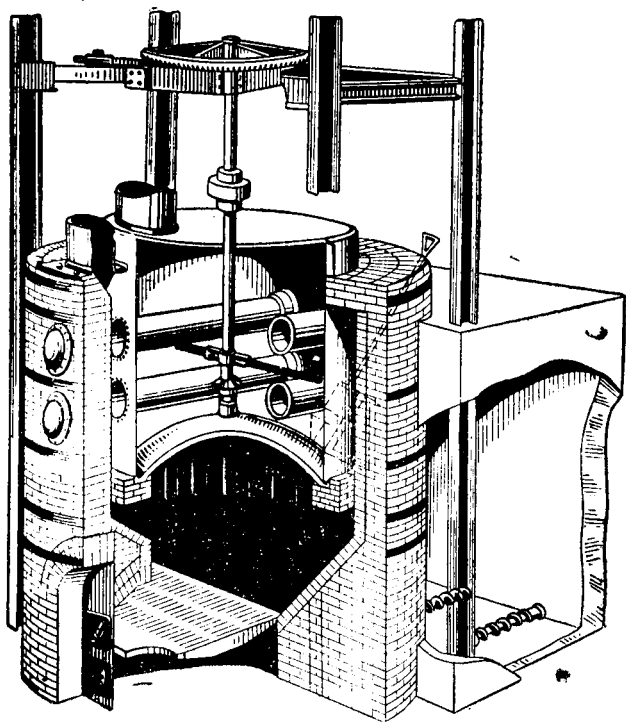


Рис. 41. Американский большеемкостный котел с жаровыми трубами

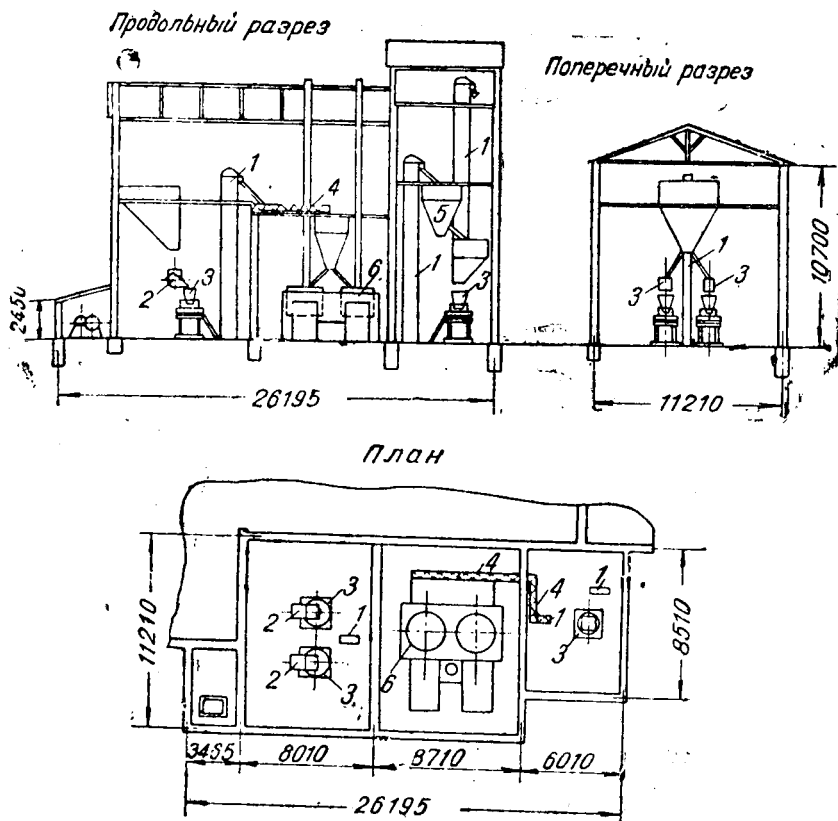


Рис. 42. Схема завода штукатурного гипса с варочными котлами: 1—элеватор, 2—трясковый питатель, 3—жернов, 4—шнеки, 5—сепаратор, 6—варочные котлы

котла длится 35—40 мин. При нагревании массы выше  $100^{\circ}$  начинается так называемый процесс кипения, сопровождающийся отщеплением гидратной воды.

Кипение заканчивается при достижении в котле температуры в  $130^{\circ}$ . При дальнейшем нагреве (примерно через 10—12 мин.) снова начинается вскипание массы, которое длится до тех пор, пока температура не достигнет  $155^{\circ}$ . Конец варки гипса определяется небольшим вскипанием массы при температуре около  $165$ — $170^{\circ}$ , обусловленным началом образования растворимого ангидрита. Выпускают готовый продукт через выпускное отверстие в нижней части котла, причем это следует делать в наиболее короткий срок.

Весь цикл варки гипса в варочных котлах длится от 2 до 3,5 часа. Ниже (табл. 23) приводятся основные данные о производительности и размерах варочных котлов, применяемых в СССР и за границей.

Таблица 23

Диаметр котла (в мм)	Высота (в мм)	Суточная производительность (в т)	Потребная мощность (в л. с.)	Вес (в кг)
1000	800	8—10	1,5—2	2800
1800	800	10—12	2—3	3600
2000	1000	15—17,5	3—4	4000
2500	2000	38—40	15,0	8000—9000

В Америке строят варочные котлы большой производительности.

Для увеличения поверхности нагрева они снабжены двумя или четырьмя внутренними жаровыми трубами. Движение газов, обогревающих котел, происходит сперва вдоль днища, откуда они устремляются через жаровые трубы в каналы, заставляющие их омывать верхнюю, цилиндрическую часть котла. Отработанные газы собираются в сборник и направляются через дымовой боров в трубу. Описываемые котлы достигают в диаметре 4,2 м и обладают производительностью до 120 т гипса в сутки. Такой варочный котел системы Эрзама изображен на рис. 41.

Кроме указанных выше варочных котлов, следует указать на разработанные некоторыми заграничными фирмами варочные котлы, в которых в качестве теплоносителя используется перегретая до 360° вода, циркулирующая в системе железных тонких трубок.

Схема завода штукатурного гипса с варочными котлами приведена на рис. 42.

### Вращающиеся печи

Установками непрерывного действия большой производительности являются вращающиеся печи. Впервые вращающиеся печи появились в Америке, а затем их стали постепенно вводить и в других странах, в частности европейских. Вращающиеся печи представляют собой железный клепаный барабан диаметром в 1,5—2 м, расположенный слегка наклонно к линии горизонта. Длина печей зависит от принятой системы перемещения материала, крупности его, а также

условий тепловой обработки. Барабан снабжен, в зависимости от длины, двумя или несколькими металлическими бандажами, опирающимися на стальные ролики. Вращательное движение печь получает от мотора посредством зубчатой передачи. Загрузку дробленого гипсового камня производят с приподнятого конца барабана обычными питательными устройствами (шнеками, вибропитателями, течками и т. п.) Обжиг гипса производится за счет топочных газов, образующихся при сжигании топлива в специальных топочных устройствах.

По способу обогрева различают вращающиеся печи с проходящим внутри них потоком газов (печи системы Бютнера); печи, омываемые газами только снаружи (печь Манжурнета); печи, омываемые газами сначала снаружи, а затем и внутри (печи системы Куммера, Полизуса, Поплавского и др.). Топки чаще всего бывают снабжены вращающейся решеткой или ступенчатой колосниковой решеткой с подвижными колосниками. Топливом служит уголь (орешек), а также жидкое топливо (нефть, мазут и г. п.). При сжигании твердого топлива под колосниковые решетки подводится искусственное дутье.

Побудителем тяги служит эксгаустер, отсасывающий топочные газы и пары влаги, образующиеся при получении полуводного гипса.

Печь системы Бютнера (рис. 43). В печах этой системы поток топочных газов движется в том же направлении, что и загруженный в барабан измельченный гипсовый камень. Внутри барабан снабжен патентованным устройством системы Герлаха (рис. 44), состоящим из ряда балок крестообразного сечения. Материал, поступающий в барабан, распределяется на поверхностях этих балок и при вращении многократно пересыпается и перелопачивается, одновременно перемещаясь к выходному концу барабана. В описанных ниже системах вращающихся печей (Куммера и Полизуса) гипсовый камень поступает для обжига в виде кусков определенной крупности. Для этого его предварительно отсеивают, чтобы удалить мелочь и гипсовую пыль, используемые отдельно в варочных котлах. В печах системы Бютнера необходимость в отсеивании мелочи отпадает, так как под влиянием тяги мелкие частицы гипса скорее покидают барабан и подвергаются меньшему воздействию топочных газов. Выходное отверстие барабана снабжено сегментной раздвижной диафрагмой, регулирующей время пребывания материала в печи.

Печь системы Манжурнета (рис. 45) принадлежит к печам, обогреваемым топочными газами только снару-

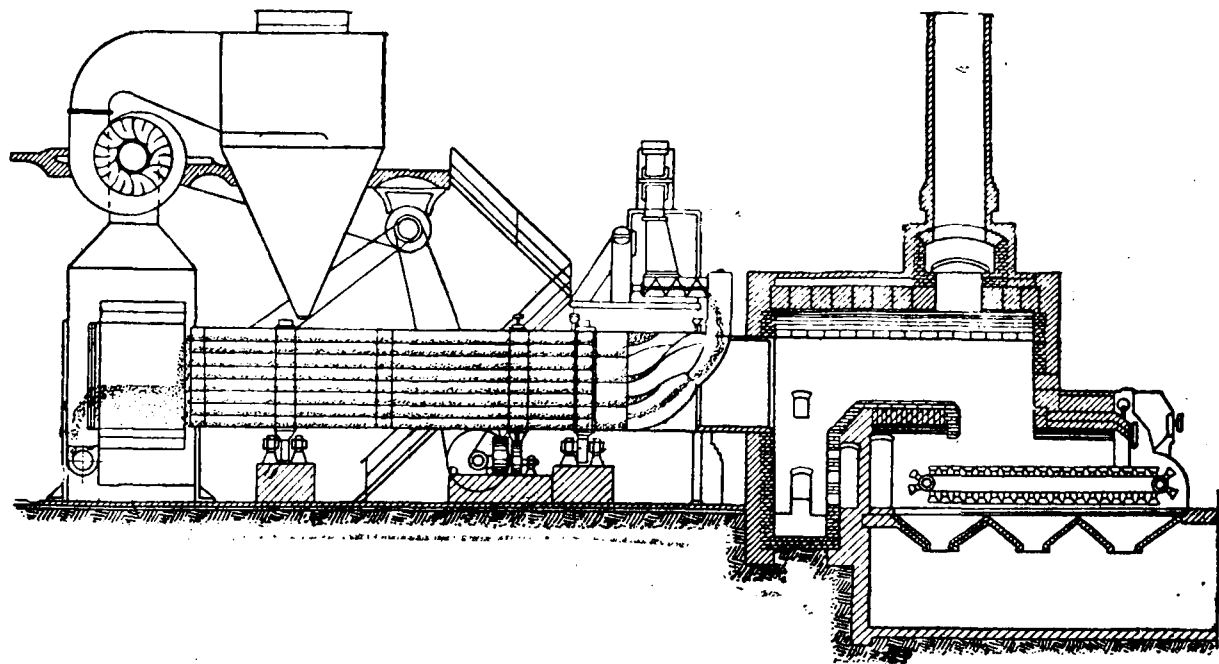


Рис. 43. Вращающаяся печь Бютнера



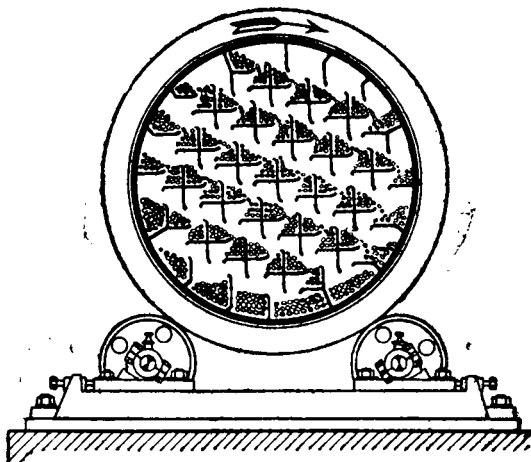


Рис. 44. Перемешивающее устройство системы Герлака

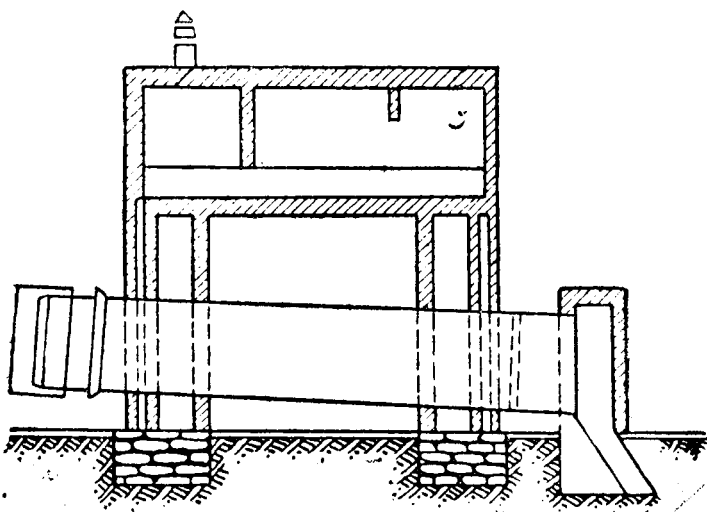


Рис. 45. Печь системы Манжурнета

жи, для чего барабан заключается в обмуровку, состоящую из трех последовательно расположенных камер, по которым проходит поток газов. Тонко измельченный сырой гипс загружается с приподнятого конца барабана и удаляется с проти-

в противоположном его конца. Движение материала имеет направление, обратное газовому потоку. Обжиг производится при 200°. Производительность печи составляет 30 т в сутки при диаметре печи в 1,6 м и длине в 9 м. Единовременная загрузка печи 350 кг. Внутри барабан снабжен прикрепленными к стенкам уголками для лучшего перемешивания гипса при вращении печи. Расход топлива в печах Манжурнета около 45 кг на тонну гипса.

Печь системы Куммера (рис. 46) снабжена огнеупорной футеровкой и специальными шамотными перегородками (экранами), изменяющими направление движения газового потока для более полного использования его тепла. Внутри барабан снабжен продольными планками из углового железа. При вращении барабана планки захватывают с собой куски материала и, поднимая их на определенную высоту, вновь ссыпают их вниз. Таким образом, во время работы печи происходит непрерывное пересечение газового потока, падающим материалом и тесное соприкосновение их друг с другом. Обожженный гипс из барабана подается при помощи тех или иных транспортировочных устройств в специальные силосы, где его выдерживают в течение суток. Такое выдерживание необходимо для того, чтобы еще не успевшее полностью перейти в полуводное состояние ядро более крупных частиц гипса могло под влиянием аккумулированного в массе тепла «дозреть», т. е. превратиться в нормальный штукатурный алебастр. В последних конструкциях печей системы Куммера значительно увеличена длина барабана (до 30 м), благодаря чему отпадает необходимость в устройстве силосов для выдерживания гипса. Дальнейшая обработка гипса заключается в его помоле.

Печь системы Полизиуса (рис. 47). В отличие от печей системы Куммера во вращающихся печах Полизиуса топочные газы непосредственно не приходят в соприкосновение с обжигаемым материалом. Топочные газы, омыв сперва наружную часть вращающегося барабана, поступают затем в жаровую трубу, проходящую внутри вдоль всей печи. Во избежание пережога гипса в начале барабана, где гипс подвергается действию наиболее горячих газов, выходящих из топки, эта его часть сделана расширенной, благодаря чему в ней постоянно находится и большее количество материала. В печах Полизиуса отсос дымовых газов и выделяющегося при обжиге гипса водяного пара производится отдельно.

Печь системы Поплавского (рис. 48). В печах этого типа сочетаются наружный обогрев с непосредственным перепуском газов через барабан и соприкосновение его с ма-

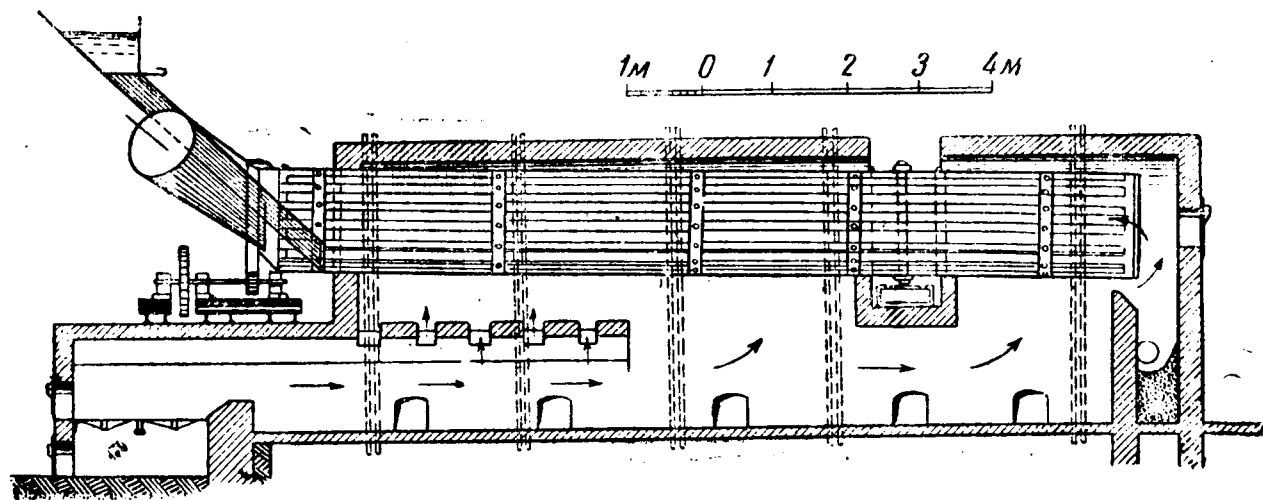


Рис. 46 Печь системы Куммера

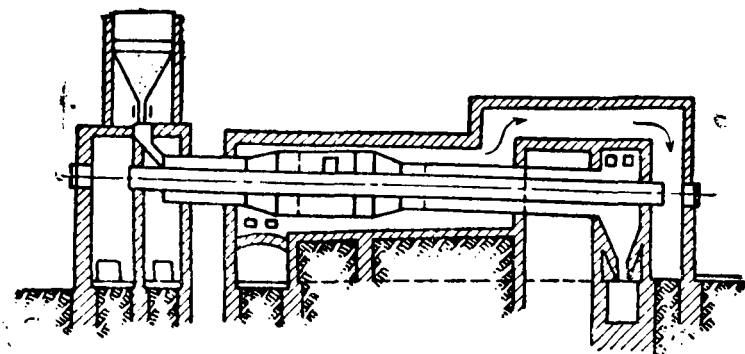


Рис. 47. Печь системы Полизиуса

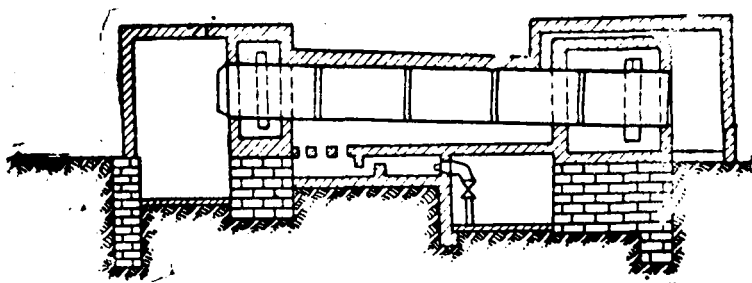
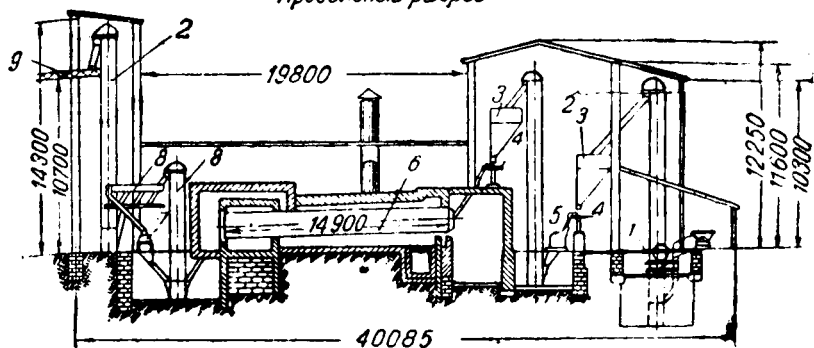


Рис. 48. Печь системы Поплавского

териалом. Печь работает на мазуте, для чего в средней части ее установлена форсунка. Развивающиеся при сжигании топлива газы проходят к разгрузочному концу барабана, поворачивают внутри печи навстречу обжигаемому материалу и покидают печь у загрузочного ее конца. Гипс обжигается в виде крупки или тонко измельченного порошка. Внутри печи снабжена подпорной диафрагмой, регулирующей время пребывания гипса в печной атмосфере. Приводная система, опорные ролики, бандаж и т. д. не подвергаются действию высоких температур, так как защищены кирпичной кладкой, образующей своего рода открытые арки. Производительность печи составляет до 3 т в час, при расходе до 50 кг условного топлива на тонну выпускаемого гипса.

В табл. 24 приводится основная характеристика вращающихся печей разных систем.

Схема производства штукатурного гипса на заводе с вращающимися печами показана на рис. 49.



План завода

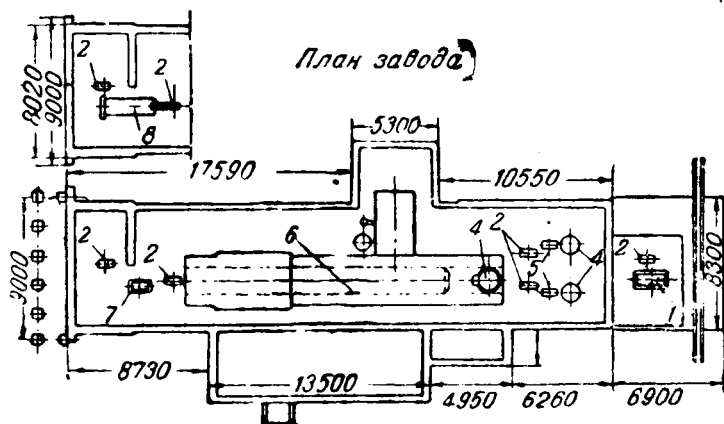


Рис. 49. Схема производства гипса на заводе с вращающимися печами:  
 1—дробилка „Блэк“, 2—элеватор, 3—бункер, 4—тарельчатый питатель,  
 5—дробилка „Клеро“, 6—печь Поплавского, 7—дезинтегратор, 8—грохот  
 Феррариса, 9—шнек

Таблица 24

Система печи	Длина печи (в м)	Число оборо- тов (в мин.)	Размер загруз- жаемых кусков гипса (в мм)	Время пребы- вания в печи (в час.)	Расход элек- троэнергии на 1 т (в квтч)	Производи- тельность ба- рабана в час (в т)
Печь Куммера . . .	7—8	4—6	15	—	—	—
• Полизиуса . . .	—	—	30	—	2—2,5	—
• Бютнера . . .	—	3—4	от 0 до 15	около 2 час.	0,5—0,6	от 2 до 12
• Поплавского .	14,9	—	—	1,5	—	3

В отличие от других способов производства гипса обжиг во взвешенном состоянии производится одновременно с его помолом. В качестве помольных аппаратов для этого можно применять аэробильные мельницы типа «Резольютор», снабженные специальными сепараторами, шаровые и стержневые мельницы, маятниковые мельницы системы Раймонда и др.

Первая установка для обжига гипса во взвешенном состоянии осуществлена в Союзе в 1937 г. на Даниловском алебастровом заводе в Москве. К этому же времени относятся установка и пуск двух так называемых «варочных молотковых мельниц» на гипсовом заводе в Калифорнии (США).

Схема производства, принятая на Даниловском алебастровом заводе, изображена на рис. 50.

Гипсовый камень дробится на щековой дробилке «Блэк» и элеватором подается в бункер. Из бункера дробленый гипсовый камень через питатель поступает в дробильную камеру мельницы «Резольютор», где подвергается измельчению.

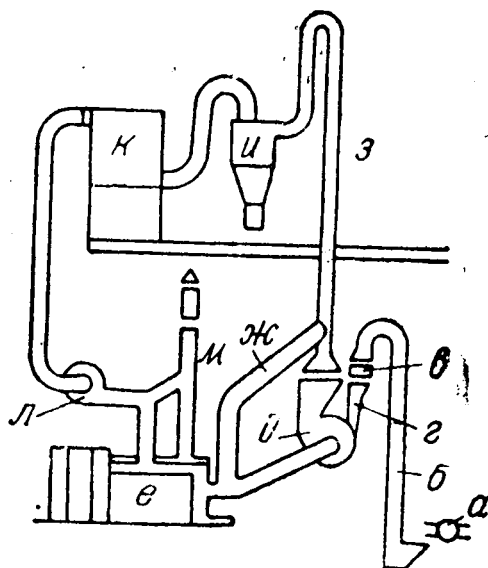


Рис. 50. Схема установки по обжигу гипса во взвешенном состоянии: а—дробилка «Блэк», б—элеватор, в—питатель, г—приемный бункер, д—дробильная камера «Резольютор», е—топка, ж—воздуховод, з—обжиговая труба, и—циклон, к—пылевая камера, л—вентилятор, м—выхлопная труба

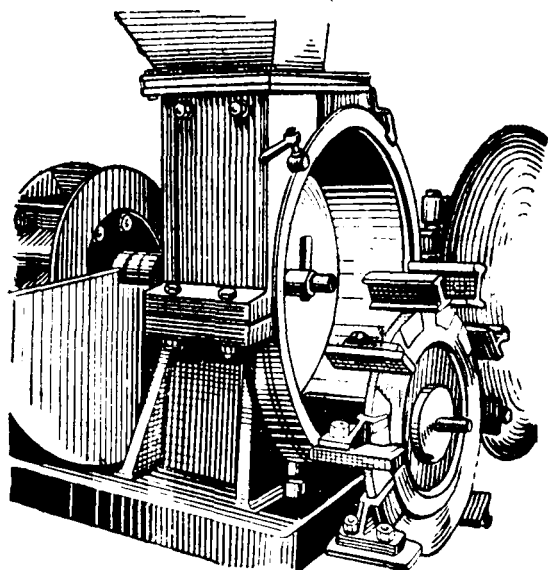


Рис. 51. Мельничная камера „Резольютор“

на тончайшие частицы. Сюда же направляются и горячие газы из специальной топки. Благодаря пневматической системе подачи гипсового порошка из камеры дробления, процесс размола хорошо сочетается с процессом подсушки материала. Самая дробильная камера мельницы «Резольютор» (рис. 51) состоит из улиткообразного корпуса, выложенного внутри сменными стальными или чугунными броневыми сегментными плитами.

С передней стороны корпус мельницы имеет отъемную на петлях крышку, позволяющую быстро открывать мельницу для осмотра и ремонта. Задняя стенка корпуса, как и передняя крышка, защищена броневыми плитами. В нижней части дробильной камеры предусмотрено специальное углубление, назначение которого—собирать случайно попавшие металлические предметы. Внутри камеры вращается рабочий диск мельницы с приклепанными к нему по окружности десятью парами железных кованых билодержателей. К билодержателям крепятся плоские пластины—била, изготовленные из литой марганцевистой стали.

По направлению вращения диска корпус дробильной камеры переходит в вертикальный патрубок, служащий для отвода размолотого гипса и газового потока в сепаратор. В

сепараторе происходит разделение молотого гипса соответственно крупности его частиц. Наиболее легкие и тонкие фракции подхватываются газовым потоком в обжиговую трубу, где и обжигаются. Более грубые частицы гипса, не прошедшие через сепаратор, возвращаются обратно в мельницу для повторного измельчения. Обожженный гипс вместе с топочными газами поступает в циклон. Вследствие потер частицами их живой силы в циклоне происходит осаждение готового продукта — обожженного гипса. Отработанные газы покидая циклон, проходят через фильтр и частью выбрасываются в атмосферу, частью возвращаются через рециркуляционную систему обратно в топку. Гипс посредством шнека транспортируется в складские бункеры. Обжиг гипса в установках происходит при температуре в  $400\text{—}450^\circ$ . При этом длительность пребывания частиц в интервале наивысших температур составляет  $1\text{—}1,5$  сек., а с учетом возврата части материала через сепаратор и мельницу  $8\text{—}9$  сек.

Гипс, полученный путем обжига во взвешенном состоянии, обычно характеризуется быстрыми сроками схватывания. В среднем эти сроки составляют: начало схватывания  $2,5\text{—}3,5$  мин., конец схватывания  $4,5\text{—}7$  мин. Производительность установки  $3$  т в час. Расход топлива на  $1$  т готовой продукции  $55$  кг в условных единицах. Расход электроэнергии  $30$  квт/ч на  $1$  т гипса.

### УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Во всех описанных выше тепловых установках, напольных, шахтных, камерных и вращающихся печах, а также в варочных котлах, работающих при нормальном давлении и свободном сообщении с наружной атмосферой, получаемый продукт — штукатурный гипс — обладает небольшой механической прочностью. Временное сопротивление на растяжение, по ГОСТ, составляет  $7$  кг/см<sup>2</sup> через день и не менее  $14$  кг/см<sup>2</sup> через 7 дней. Низкая механическая прочность такого гипса объясняется тем, что в процессе его производства получается незакристаллизованный продукт, дающий при затворении с водой и последующем схватывании землистую структуру, пронизанную лишь единичными кристаллами.

В отличие от такого гипса значительно более высокой прочностью обладает гипс, полученный методом обработки паром под давлением с последующей просушкой. Кристаллографические исследования полученного этим способом гипса дают основание сделать вывод о том, что его высокая прочность определяется главным образом структурой (игольча-



тые призматические кристаллы). В схватившемся после затворения с водой гипсе структура остается кристаллической, спутанно-волокнутой.

Впервые этот метод был предложен в 1929 г. американскими исследователями Ранделем и Дейлеем. Он заключается в том, что гипсовый камень подвергается обработке насыщенным паром под давлением в 1,25—1,3 атм. в специальном автоклаве, напоминающем конвертор металлургических заводов. После «пропарки», длящейся 4—5 час., гипс поступает в изолированный бункер, питающий сушильный барабан, и по выходе из последнего подвергается размолу в мельничной установке.

После опубликования Ранделем и Дейлеем их патента в Союзе был проведен ряд работ в области уточнения основных положений нового метода. Большинство этих работ носило главным образом лабораторно-исследовательский характер (работы Манжурнета, Гулиной, Либермана, Разоренова, Власовой). Другие исследователи (Кардонская, Волженский) осуществляли свои исследования над гипсом в автоклавах силикатных заводов. К 1938—1940 гг. относятся работы по установлению методов производства высокопрочного гипса и конструирования соответствующего оборудования. Некоторые из них были перенесены в опытное производство: таковы установка инж. И. А. Передерия, смонтированная в Москве на Краснопресненском силикатном заводе, работы научно-исследовательской и экспериментальной станции Управления промышленности стройматериалов и стройдеталей Мосгорисполкома (НИЭС), нашедшие заводское осуществление в специальной конструкции инж. С. С. Печуро и механика С. С. Марусина, находившейся в эксплуатации на Московском заводе гипсовой сухой штукатурки. Наконец, серию этих работ завершают так называемый «демпферный» способ производства высокопрочного гипса, разработанный инженерами Ф. Т. Садовским и А. С. Шкляром, и метод «самозапарки» в специальных аппаратах системы проф. Скрамтаева и инж. Булычева.

### **Производство высокопрочного гипса демпферным способом**

Авторы демпферных установок, инженеры Ф. Т. Садовский и А. С. Шкляр, сохранив принцип и основные параметры, предложенные американскими исследователями Ранделем и Дейлеем, разработали оригинальную конструкцию аппарата, названного «демпфером» (или пропарником), в котором

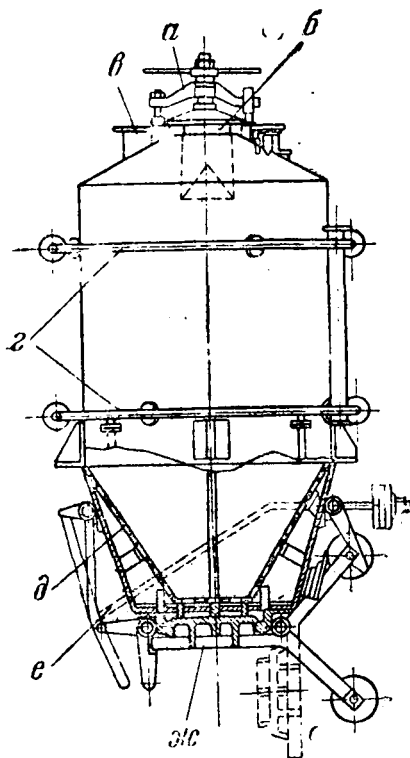


Рис. 52. Демпфер: а—зажим крышки, б—крышка загрузочного люка, в—ввод сушильных газов, г—пароподводящие кольцевые трубы, д—обезвоживающее сито, е—затвор, ж—крышка выгрузочного люка

конус, поддерживающий весь слой загружаемого гипсового щебня.

Свободная полость, ограниченная обезвоживающим ситом и кожухом, служит сборником для конденсата и освобождающейся из гипса кристаллизационной воды. Нижняя часть кожуха снабжена одним или двумя штуцерами, соединяющими демпфер посредством выводной трубы с наружной атмосферой для возможности отсоса отработанного сушильного агента (воздуха или дымовых газов). Как верхний воздухопровод, так и отводная труба снабжены соответствующими клапанами («Лудло» или «очки Шмидта») для включения

сочетаются последовательная обработка гипсового камня паром, сушка горячим воздухом или дымовыми газами, в отличие от раздельного ведения этих процессов в двух аппаратах, предложенных американскими авторами. Отсюда и метод получения высокопрочного гипса получил название «демперного».

Демпфер, или пропарник (рис. 52), представляет собой металлический аппарат с цилиндрической средней частью и конической нижней. Сверху демпфер ограничен крышкой, снабженной загрузочным люком с герметически закрывающимся затвором и штуцером. Штуцер соединяет аппарат с воздухопроводом, подводящим горячий воздух или смесь его с топочными газами (в некоторых конструкциях крышка демпфера бывает снабжена не одним, а двумя загрузочными люками); нижняя коническая часть демпфера заканчивается разгрузочным люком; он также герметически запирается специальным затвором. Внутри демпфера находится так называемое «обезвоживающее сито», состоящее из перфорированных (дырчатых) железных листов, образующих внутренний сетчатый

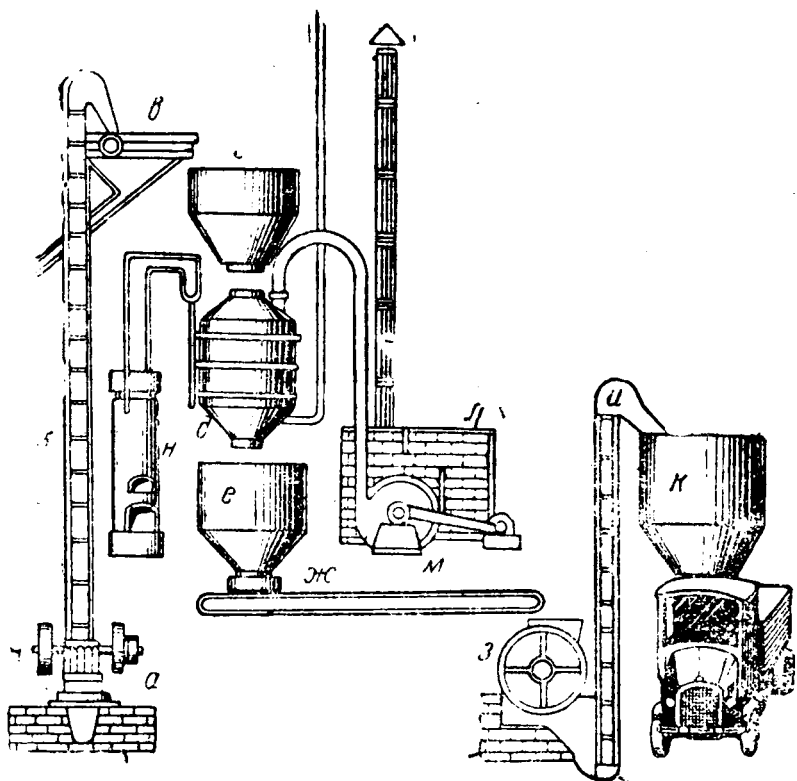


Рис. 53. Схема производства демпферного гипса; а—дробилка „Блэк“, б—элеватор, в—сито, г—бункер, д—демпфер, е—бункер для запаренного гипса, ж—транспортер, з—шаровая мельница, и—элеватор, к—складской бункер, л—топка, м—вентилятор, н—паровой котел

или отключения демпфера от сушильной системы. Снаружи весь демпфер и подводящая система защищены слоем теплоизоляции. По высоте демпфер опоясан тремя пароподводящими кольцами, выполненными из 2,5-дюймовых труб и соединенными с демпфером целым рядом патрубков. В свою очередь, кольца соединены с основным магистральным паропроводом. Такое разветвление подводящих точек устраивается для равномерного распределения пара по всему сечению и толще демпфера.

Технологический процесс производства высокопрочного гипса состоит из следующих операций (схема процесса показана на рис. 53). Поступающий природный гипсовый камень

подвергается предварительному дроблению на щебенку в камнедробилке «Блэк» на куски величиной от 15 до 50 мм. Меньшие фракции дробления не могут быть использованы в демпфере и удаляются при помощи грохочения. Отсев щебенки может осуществляться инерционными или струнными ситами, а также при помощи вращающихся сит.

Дробленая и отсеянная щебенка подается многоковшевым элеватором «Норией» в загрузочный бункер, расположенный над каждым из демпферов. Процесс тепловой обработки гипсового камня для получения высокопрочного гипса разделяется на следующие стадии:

1) прогрев загруженного материала до  $60-70^{\circ}$  при помощи насыщенного пара, горячего воздуха или дымовых газов в течение получаса;

2) пропарка насыщенным паром под давлением в 1,25—1,3 атм. в течение 7—8 час.;

3) продувка демпфера перегретым паром в течение полчаса при температуре  $160-165^{\circ}$ ;

4) сушка гипса горячим воздухом или смесью воздуха с дымовыми газами при температуре в  $160-165^{\circ}$  \* в течение 3 час.

Весь цикл обработки гипса в демпфере, включая загрузку и выгрузку, длится 12 час. Практически в производственных условиях иногда имеют место значительные отклонения от приведенного режима, а это, в свою очередь, находит свое отражение на оборачиваемости демпферов, экономичности их работы и качестве выпускаемой продукции.

Проследим влияние каждого из перечисленных процессов на конечные результаты. Загрузка демпфера должна обеспечивать равномерное распределение материала по всему его сечению и высоте, так как этим определяется и возможность достижения равномерной тепловой обработки материала. Кроме того, необходимо предупредить резкие удары при падении щебня, вызывающие раскалывание и измельчение материала, так как наличие мелочи способствует образованию отдельных сцементированных глыб, «козлов». Для этого внутри демпфера через загрузочную горловину подвешивают на железных подвесках обращенный острием кверху распределительный конус. Устремляющийся в демпфер поток щебня встречает конус и плавно скользит по касательной, равномерно распределяясь внутри демпфера.

---

\* Под этими температурами следует понимать температуру воздуха или другого теплоносителя, поступающего в демпфер. *Ред.*

Первая стадия тепловой обработки гипсового камня — предварительный прогрев — может быть осуществлен, как уже указывалось выше, при помощи насыщенного пара, горячего воздуха или топочных газов. Сравнивая все эти способы прогрева, следует, как нам кажется, отдать предпочтение последним, так как прогрев камня водяным паром, в особенности в зимнее время года, когда камень поступает в демпфер холодным, вызывает обильную конденсацию пара и необходимость дальнейшего удаления воды из демпфера и из материала.

Пропарка насыщенным паром — основной процесс, ведущий к отщеплению гидратной кристаллизационной воды из двуводного гипса для перевода его в полугидрат. Как показал опыт, полнота протекания упомянутой реакции зависит главным образом от длительности обработки камня паром, от характера самого гипсового камня и в несколько меньшей степени — от величины давления пара.

Последнее обстоятельство позволило остановиться, как по техническим, так и по экономическим соображениям, на давлении в 1,25—1,3 атм. Получасовая продувка демпфера перегретым паром при температуре в 160—165° после пропарки камня первоначально считалась обязательной. Однако сплошь и рядом получение перегретого пара бывает затруднено. В настоящее время на ряде действующих установок совершенно отказались от продувки перегретым паром и подвергают материал сушке горячим воздухом или топочными газами непосредственно после снятия давления в демпфере. При этом никакого заметного ухудшения качества готовой продукции не отмечается. Если длительность пропаривания камня в демпфере определяется такими факторами, как скорость химических реакций, и поэтому варьирует в довольно ограниченных пределах (разница между сроками пропарки плотного и более мягкого гипса составляет примерно один час), то длительность сушки может колебаться в значительных пределах, в зависимости от температуры и количества горячего воздуха или топочных газов, веса загруженного в демпфер материала и количества испаряемой влаги.

Вопрос правильного ведения сушки — один из решающих не только с точки зрения получения доброкачественной продукции, но и с экономической точки зрения. Достаточно указать, что расход на испарение 1 кг влаги может колебаться от 1100 до 1400 кал. и больше, что, в свою очередь, обусловлено способом осуществления сушки (при помощи горячего воздуха или смеси воздуха с топочными газами), термоизоляцией всей системы, а также временем и эффективностью

пробывания теплоносителя в демпфере, т. е. полной его влагонасыщения.

В первых проектах цехов высокопрочного гипса, относящихся к 1941—1942 гг., для целей сушки предусматривалось подведение горячего воздуха, нагреваемого в трубчатых калориферах. Однако уже при первых шагах эксплуатации калориферов обнаружился целый ряд их отрицательных сторон. Достижение необходимой температуры оказалось весьма затруднено, а регулирование тягового режима из-за быстрого корробления шиберов почти невозможно. Вследствие незначительного коэффициента полезного действия калорифера, большого расхода топлива и низкой температуры нагреваемого воздуха сильно увеличилась длительность сушки. При таких условиях эксплуатация калориферов оказалась неэкономичной и нерациональной. Поэтому на практике отказались от использования калориферных установок, направив в демпферы смесь воздуха с топочными газами, получаемыми от сжигания топлива в специальных подтопках. Это мероприятие полностью себя оправдало. Ряд исследований показал, что даже наличие в гипсе до 2—3% золы, попадающей вместе с дымовыми газами в демпфер, при сжигании такого количества топлива, как подмосковный уголь, не оказывает вредного влияния на качество готовой продукции.

Другим существенным моментом в работе демпферов являются подведение достаточного количества теплоносителя, равномерное его распределение внутри демпфера. Уже одного взгляда на схему подведения воздуха или газов к демпферу (рис. 52) достаточно, чтобы получить представление о значительной неравномерности сушки материала. Верхние слои гипса омываются потоком наиболее горячих и сухих газов, в то время как нижележащие слои встречают охлажденные газы, насыщенные водяными парами, вследствие чего возможна даже частичная конденсация водяных паров. Помимо влияния на качество продукции, способ подведения и отвода сушильных газов влияет также и на мощность вентиляционных устройств. Мощность определяется не только потребным объемом сушильных газов, но и сопротивлением всей системы, основным составляющим которой является сопротивление слоя материала в демпфере. Снижение величины этого сопротивления сказывается прежде всего на установлении мощности и расходе электроэнергии.

О том, как велико значение равномерности подачи и отвода сушильных газов, свидетельствует такой факт, как образование «козлов» (довольно частое явление при работе демпферах с верхним сосредоточенным подводом и односторонним

ронным нижним отводом теплоносителя). Встречая сухие газы, верхние слои материала интенсивно отдают им свою влагу, одновременно повышая их влагосодержание. При недостаточном количестве горячего воздуха или топочных газов не исключена возможность выделения капельно-жидкой влаги на нижних слоях материала и частичной гидратации гипса. В особенности велика опасность гидратации в местах образования застойных газовых мешков («мертвые места»). Как показала практика, такими местами являются участки, расположенные против вытяжной трубы. Отсутствие или недостаточная теплоизоляция демпферов усиливают опасность конденсации водяных паров.

В свете изложенного небезынтересно отметить и роль тонких фракций гипсового камня в образовании «козлов». Мелкие частицы гипса и пыль, попадающая вместе со щебенкой в демпфер, под влиянием стекающих струй воды, образующихся при охлаждении пара в первый период прогрева, а также при отщеплении кристаллизационной воды при пропарке, увлекаются последними вниз и абсорбируются (задерживаются) в нижних слоях загруженного материала. Заполняя пустоты между крупными кусками и частицами, они увеличивают плотность загрузки в отдельных частях демпфера. При неправильном ведении сушки в первую очередь происходят усвоение влаги мелкими частицами с высокоразвитой поверхностью и переход их в двуводную модификацию, обуславливающую цементирование щебня и образование больших или меньших глыб — «козлов», трудно удаляемых затем из демпфера. Практика подтверждает, что размер и степень образования «козлов» находятся в прямой зависимости от наличия мелкой фракции камня и гипсовой пыли. Поэтому их удалению из всех стадий подготовки камня и предотвращению попадания их в демпфер должно быть уделено самое серьезное внимание.

Для улучшения условий сушки и уменьшения сопротивления слоя в демпфере работниками Уфимского завода предложено и осуществлено следующее конструктивное дополнение к описываемому демпферу (рис. 54).

Воздух вводится в демпфер не через воздухопроводный патрубок, а через специальную перфорированную (дырчатую) трубу, которая проходит внутри демпфера. Идея по пути дальнейшего усовершенствования, кроме обезвоживающих сит, был введен также и внутренний перфорированный кожух, а вместо одностороннего отсоса отработанных влажных газов — двусторонний. При таком расположении подводящего и отводящего воздухопроводов изменяются направления

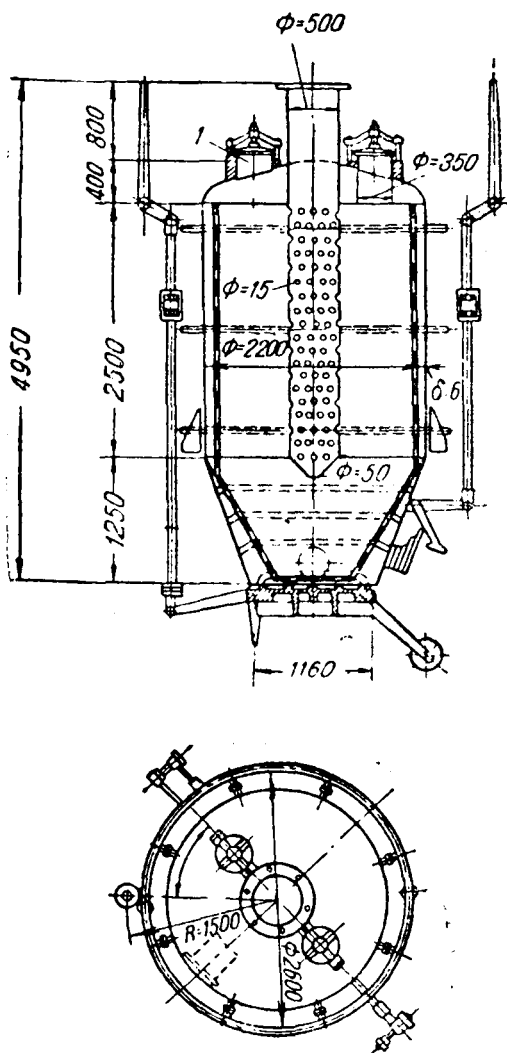


Рис. 54. Схема модернизированного демпфера с центральной сушильной трубой и перфорированным внутренним кожухом

теплоносителя внутри демпфера и условия сушки в нем материала. Вместо того чтобы преодолеть сопротивление всего слоя загрузки (в направлении сверху вниз), как это было в описанных ранее конструкциях демпферов, с введением



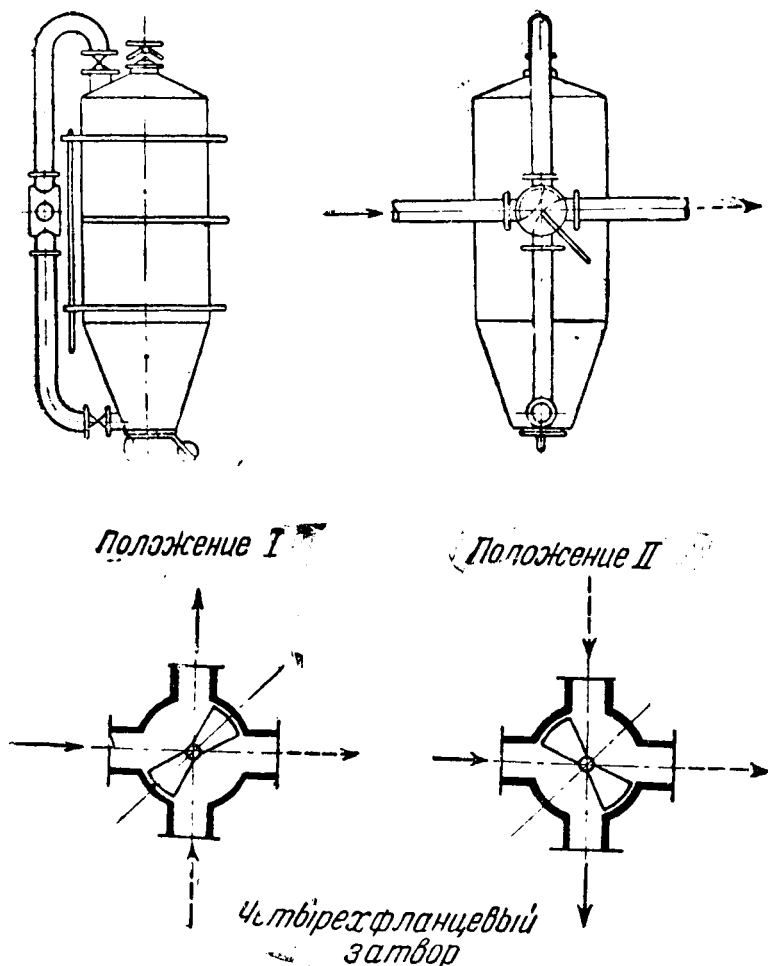


Рис. 55. Схема демпфера с реверсивной сушкой

центральной трубы и дырчатого кожуха должно иметь место движение газового потока в радиальном направлении, т. е. от центра к периферии демпфера. Каждая элементарная струя, таким образом, преодолевает сопротивление сравнительно небольшого слоя гипса.

Температурный перепад между входящим и отработанным воздухом и различия по высоте и сечению демпфера ста-

новятся не столь ощутимыми, как раньше. Отсюда вытекает возможность применения для нагнетания или отсоса сушильных газов вентиляторов низкого давления, характеризующихся большей производительностью при меньшей потребляемой мощности моторов, а также возможностью получения более однородной продукции. В действительности направление газов не соответствует строго теоретическому, так как часть газов распространяется и в ином, нерадиальном, направлении, а закрытие части отверстий в перфорированном кожухе или подводящей трубе гипсовой щебенкой способствует изменению направления движения газов, но несомненно, что от таких изменений в конструкции демпфера следует ожидать значительного улучшения обработки гипсового камня.

Заслуживает также внимания другое предложение, направленное к улучшению работы демпферных установок. Предложение сводится к тому, что сушильный теплоноситель вводится попеременно то сверху, то снизу (так называемая реверсивная сушка). Тем самым выравниваются условия обработки материала по толщине демпфера. Осуществляется это применением специального четырехфланцевого цилиндрического затвора (рис. 55), внутри которого на оси вращается клапан, направляющий поток теплоносителя в демпфер по верхнему или нижнему воздуховодам\*.

Дальнейший процесс производства заключается в выгрузке готовой продукции из демпфера в разгрузочный бункер, из которого гипсовая щебенка теми или иными транспортировочными устройствами (транспортерами, шнеками и т. п. машинами) подается в размольное отделение для помола. В качестве помольных агрегатов хорошо себя зарекомендовали шаровые и стержневые мельницы, которые дают достаточно тонкий помол и обладают большой производительностью при сравнительно небольших затратах мощности. Согласно временным техническим условиям, разработанным Центральным научно-исследовательским институтом промышленных сооружений (ЦНИИПС), тонкость помола высокопрочного гипса должна обеспечивать прохождение его через сито в 64 отв/см с остатком на сите не больше 4% и через сито в 900 отв/см с остатком на нем частиц не больше 8% от всего количества. Молотый гипс поступает в складские бункеры, откуда подается для затаривания в бумажные мешки («крафтмешки») и отправки к местам потребления.

---

\* Практическая проверка этого предложения проводится на Ворошиловградском гипсовом заводе Наркомжилгражданстроя УССР. *Ред.*

В зависимости от механической прочности гипс относится к той или иной марке (начиная от марки «150» до «400»), соответствующей временному сопротивлению образцов (кубиков размерами  $7 \times 7 \times 7$  см) в возрасте 7 дней: на сжатие от 150 до 400 кг/см<sup>2</sup> и на растяжение от 25 до 50 кг/см<sup>2</sup>. Гипс, показывающий меньшую величину сопротивления на растяжение и сжатие, не относится к разряду высокопрочных.

### Производство высокопрочного гипса по методу самозапарки

Отличительную черту этого метода, предложенного проф. Скрамтаевым и кандидатом техн. наук инж. Булычевым, составляет обработка природного гипсового камня в особых аппаратах паром, выделяющимся за счет освобождения из гипса кристаллизационной воды. Основные параметры остаются теми же, что при демпферах. В случае самозапарки отпадает необходимость в установке специальных паровых котлов для выработки пара.

По конструкции самозапарочный аппарат (рис. 56) представляет собой сварной железный вертикальный цилиндр. В нижней и верхней частях аппарата имеются лазы с герметическими затворами для загрузки и выгрузки материала. По периметру аппарата расположены вертикально 28 нагревательных труб. Шесть таких же труб расположено в центре цилиндра. Верхний и нижний концы труб вварены в газосборники, отделенные от рабочей части аппарата двумя конусами, изготовленными из котельного железа. Для удаления конденсата и удобства разгрузки аппарата внутри последнего устраивается обезвоживающее конусообразное перфорированное сито, такое же, как в демпферах.

Технологический процесс производства высокопрочного гипса в самозапарочных аппаратах складывается из следующих элементов:

- 1) нагрев гипсового камня до 124° в течение 2,5—3 час.;
- 2) запарка паром, образующимся при разложении двухводного гипса, под давлением в 1,25—1,3 атм. в течение 5—6 час.;
- 3) сушка гипса при нормальном давлении в течение 3—3,5 час.

С учетом загрузки и выгрузки длительность каждого цикла составляет, таким образом, 12 час. В аппарат загружается дробленый в щебенку гипсовый камень, с величиной кусков от 15 до 50 мм.

Теплоносителем служат горячие топочные газы, образу-

щиеся при сжигании топлива в топке с простой колосниковой решеткой. Площадь колосниковой решетки при работе на дровах составляет 0,5 м<sup>2</sup> для каждого аппарата. Топочные газы подаются по газопроводу в нижний газосборник, устремляются вверх по нагревательным трубам и собираются вновь в верхнем газосборнике, откуда или отводятся по газоотводным трубам в атмосферу, или могут быть возвращены обратно через рециркуляционную систему в аппарат. Газосборник снабжен несколькими смотровыми люками с плотно закрывающимися чугунными крышками. Назначение люков — облегчить очистку газосборника и труб от осажденных частиц золы и уносов. Для уменьшения количества уносов и предохранения нагревательных труб от загрязнения топочные газы после выхода из топки поступают в камеру осаждения.

Изменение направления газового потока и резкое расширение объема влекут за собой потерю скорости и способствуют осаждению уносов на дно камеры и очищению газового потока от взвешенных пылевидных частиц.

Для равномерного распределения температуры по высоте и сечению аппарата и увеличения съема тепла с поверхностей нагрева труб последние омываются потоком воздуха, вдуваемого при помощи небольшого центробежного вентилятора в полость, образуемую стенками аппарата и перфорированной рубашкой (вентилятор «Сирокко» № 2 низкого давления).

Этот же воздух служит сушильным агентом, уносящим влагу из аппарата.

Для предохранения наружных поверхностей нагревательных труб от налипания гипса и ухудшения вследствие этого условий теплопередачи трубы, расположенные по окружности аппарата, защищены железным перфорированным кожухом, а внутренние трубы — рядом вертикальных металлических прутков, окружающих каждую нагревательную трубу; это исключает возможность их непосредственного соприкосновения с материалом.

Чтобы уменьшить теплотери от излучения аппарата и газовых коммуникаций в окружающую среду, последние изолируют слоем асбозуритовой или иной изоляции. При расчете потребных поверхностей нагрева принимается 10 м<sup>2</sup> поверхности труб на каждую тонну одновременно загруженного материала.

В табл. 25 приводятся сравнительные данные по использованию объема различных аппаратов для получения высокопрочного гипса.

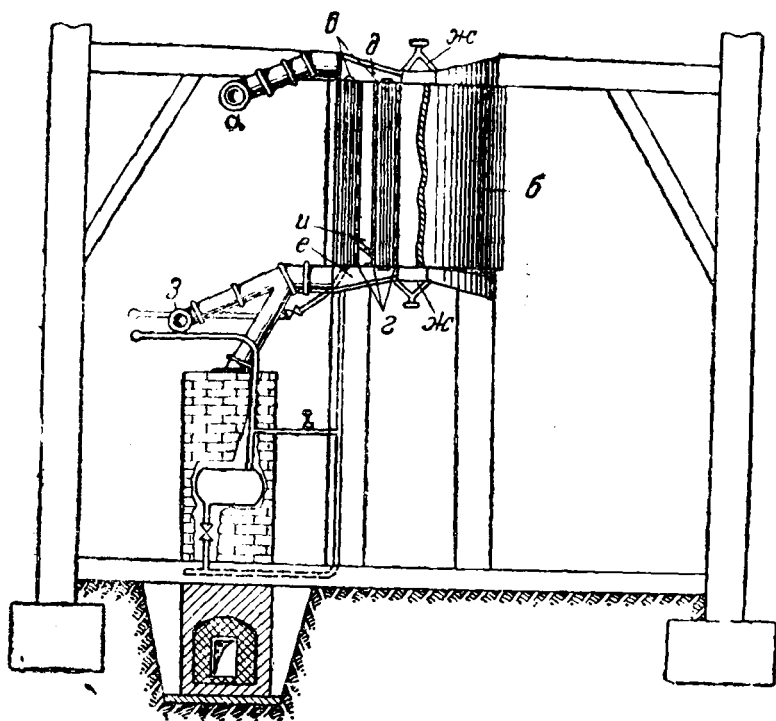


Рис. 56. Схема установки проф. Скрамтаева и Булычева для выпуска высокопрочного гипса методом самозапарки: а—отвод остывшего газа, б—аппарат для самозапарки гипса, в—нагревательные трубы, г—перфорированный кожух, д—верхний газосборник, е—нижний газосборник, ж—люки с затворами, з—подача горячего воздуха, и—обезвоживающее сито

Таблица 25

Тип установок	Объем по наружному обмеру (в м³)	Полезный объем (в м³)	Отношение полезного объема к общему (в %)
Демпферные установки . . . . .	10	9	90
Аппараты для самозапарки . . . .	4,75	2,0	40

Принцип самозапарки использован и в аппарате акад. Будникова, Юшкевича и Садовского, сочетающем метод работы варочных котлов с возможностью создания в них паровой среды.

### ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ГИПСА ПУТЕМ ВАРКИ В ЖИДКИХ СРЕДАХ

Как уже ранее указывалось, жидкости являются теми средами, в которых лучше всего протекают химические реакции и связанные с ними структурно-кристаллические изменения веществ. В равной мере это относится и к гипсу. Реакция обезвоживания (дегидратация) природного двуводного гипса и переход его в полуводный требуют затрат тепла извне (теоретически на перевод  $1 \text{ кг } \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  требуется затратить 138 кал. тепла). Вследствие низкой теплопередачи от газа к твердым веществам при обработке последних применяют либо высокие температуры газа, либо длительное нагревание материалов, а иногда и то и другое вместе. Это обстоятельство как-раз и служит причиной получения неоднородного продукта и затруднительности выделения его в какой-то одной определенной форме. Значительно легче процесс подвергается регулированию в жидких средах.

Из многочисленных опытов получения полуводного гипса с высокими вяжущими свойствами путем варки в жидких средах наилучшие результаты достигнуты при применении водных растворов азотной кислоты и сернокислого магния. Однако вследствие специфических неудобств и опасностей, связанных с обращением с азотной кислотой, первый способ не представляет большого практического интереса, в то время как варка в растворе сернокислого магния легко может быть осуществлена в широком производственном масштабе.

Этот метод, предложенный исследователями Шохом и Коннингхэмом, состоит в следующем (см. схему на рис. 57). Измельченный до тонины в 30 меш природный двуводный гипс подвергается варке в течение 45 мин. в 30—35%-ном растворе сернокислого магния ( $\text{MgSO}_4$ ) при температуре в  $130^\circ$ . По истечении указанного времени гипс отфильтровывают, промывают горячей водой до освобождения от следов раствора и высушивают. В случае применения гипса для формовки изделий рекомендуется заполнять формы невысушенным гипсом, непосредственно после его отфильтрования и промывки,—этим достигается экономия топлива, затрачиваемого на сушку гипса.

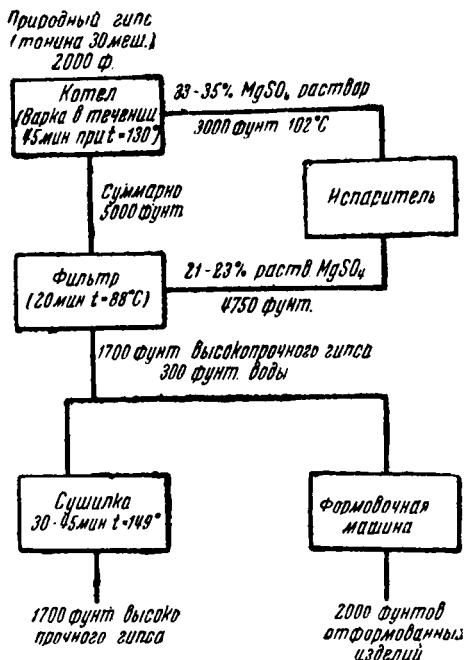


Рис. 57. Схема получения высокопрочного гипса по методу Шоха и Коннингхэма

Так как влажный полуводный гипс незамедлительно схватился бы при всех температурах, лежащих ниже точки стабильности этой модификации (около  $100^{\circ}$ ), промывку и высушивание гипса следует производить при температурах не ниже  $95^{\circ}$ , т. е. в тех пределах, где скорость гидратации еще чрезвычайно замедлена:

Полученный по методу Шоха гипс представляет собой чистый полугидрат, без примесей других модификаций гипса. Кристаллическая структура (см. рис. 7) и низкая водопотребность обеспечивают материалу большую механическую прочность, а высокие вяжущие свойства позволяют связывать большое количество инертных заполнителей, что существенно при производстве из него различных изделий и деталей или при практическом применении его в качестве составной части штукатурных смесей.

# **IX. СОПОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСА**

Для сопоставления отдельных производственных схем получения гипсового вяжущего приводим таблицу основных технологических показателей, характеризующих каждую из них (табл. 26).

Таблица 26

Тип печи	Род топлива	Расход топлива на 1 т гипса в условных единицах (в кг)	Расход электроэнергии на 1 т гипса (в квтч)	Источники приводимых данных
Напольные печи	Дрова . . . . .	100—130	0—6	„Keramische Rundschau“, 1937
Шахтные печи				
Гарцская печь	Тоший уголь .	70—72	—	Проф. Шох
Печь Майера	Камен. уголь .	65	12,2	„
„ Готоп	„	50	—	„
„ Маркелова	Дрова . . . . .	45	—	Росвяжтрест НКПСМ РСФСР
Варочные котлы	Дрова . . . . .	60	8,2—12	Упр. ПСМ и СД Мосгорисполкома
Обжиг во взвешенном состоянии	Дрова . . . . .	48—50	32	Упр. ПСМ и СД Мосгорисполкома
Вращающиеся печи				
Печь Куммера	Камен. уголь .	45—50	22,6	Проф. Шох
„ Бютнера	„	45—50	18,8	„
„ Поплавского	Камен. уголь или мазут .	45—50	22,0	Росвяжтрест НКПСМ РСФСР
Камерные печи *	Уголь или дрова	80	0—5	Росвяжтрест НКПСМ РСФСР
Демпферы	Уголь . . . . .	100—120*	35,7*	Краснопресненский силикатный завод, Москва ЦНИИИС
Аппарат самозапарки	Дрова . . . . .	96—140	13,0	

\* Данные по неосвоенному процессу.

Примечания: 1. Проектные расчеты показывают расход условного топлива на 1 т демпферного гипса (4—5% от веса готовой продукции). *Ред.*

2. Расход по печам Поплавского приведен в таблице средний статистический, по данным Росвяжтреста НКПСМ РСФСР по Галицкому



заводу за пять лет. В отчете инж С. П. Зорина (Научно-исследовательский институт строительных материалов) приведен расход по печам системы Поплавского, равный 3% от выхода готового гипса.

3. Расход условного топлива на 1 т строительного гипса на напольных печах Ергачинского завода составляет 45—50 кг.

В табл. 27 приведены удельные нормы расхода рабочей силы на 1 т гипса при основных способах его производства.

Таблица 27

Тип установки	Расход рабочей силы на 1 т гипса (в чел./дн.)	Источники приводимых данных
Варочные котлы . . . .	0,720	Статист. данные Упр. ПСМ и СД Мосгорисполкома Росстромпроект
Шахтные печи . . . .	0,625	
Вращающиеся печи (Поплавского) . . . . .	0,50	
Аппараты для обжига гипса во взвешенном состоянии . . . . .	0,825	Статист. данные Упр. ПСМ и СД Мосгорисполкома Краснопресненский завод
Демпферы . . . . .	1,0—1,25	

Примечание. Данные по демпферам резко завышены за счет неосвоенного производства на заводе. *Ред.*

## Х. ИСПЫТАНИЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

Испытание гипсовых вяжущих обычно сводится к определению объемного веса, удельного веса, тонкости помола, сроков схватывания, нормальной густоты затворения и механической прочности (сопротивления на разрыв и на сжатие).

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА

Объемный вес гипса может быть легко определен при помощи прибора, называемого воронкой Гарри (рис. 58); он состоит из железной воронки, закрепленной на треножнике, и тарированного сосуда емкостью 1 л. Воронка заканчивается трубкой диаметром 25 мм, снабженной задвижкой. Расстояние от задвижки до верхнего края сосуда равно 5 см. Для производства определения в воронку наливают при закрытой задвижке 2 л материала, после чего заслонку открывают и материал свободно вытекает из воронки, заполняя подставленный под нее сосуд. Для предохранения от засорения выходной трубки прибора грубыми частицами гипса внутри воронки натянута металлическая сетка. После заполне-

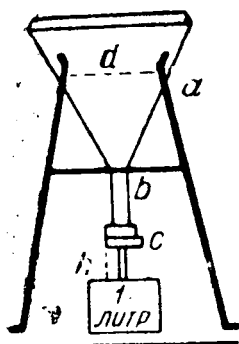


Рис 58.  
Воронка Гарри

ния сосуда гипсом излишнее его количество удаляют при помощи линейки, и сосуд с содержимым взвешивается на весах. Объемный вес вычисляется по формуле:

$$\gamma_1 = \frac{C_1 - C}{V},$$

где  $\gamma_1$  — объемный вес материала,  
 $C$  — вес пустого сосуда,  
 $C_1$  — вес сосуда с гипсом,  
 $V$  — объем сосуда.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА

Для определения удельного веса пользуются прибором Лешателье-Кандло (рис. 59) — стеклянной колбой с высоким узким горлом, имеющим в средней своей части шаровидное расширение объемом 20 см<sup>3</sup>. Этот объем точно ограничен двумя черточками, нанесенными с обеих сторон расширенной части горла прибора. За верхней чертой горлышко колбы на некоторую высоту градуировано с точностью до 0,1 см<sup>3</sup>. Для производства испытания колбу заполняют какой-нибудь инертной по отношению к испытуемому материалу жидкостью до уровня нижней черты шаровидной части и помещают на 3—4 часа в воду, имеющую температуру окружающей среды. Затем в колбу осторожно, небольшими порциями, всыпают порошок испытуемого материала (гипса), заранее взвешенного на точных весах. При этом уровень жидкости в приборе поднимается, пока не достигнет своим нижним мениском верхней ограничительной черты. Остаток материала, не вошедший в колбу, взвешивается. Вес засыпанного в колбу порошка определяется по разности первоначального веса навески и не вошедшего в аппарат остатка. Разделив этот вес на 20 (объем вытесненной жидкости), получим значение удельного веса испытуемого материала. Если при высыпании порошка в колбу жидкость поднялась выше ограничительной черты, необходимо отсчитать по шкале действительный вытесненный объем жидкости и вес засыпки разделить на полученное значение объема.

## ИСПЫТАНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА

Тонкость помола определяется последовательным рассеванием навески в 100 г гипсового порошка через сита в 60 и 900 отв/см<sup>2</sup>. Вес остатков на каждом сите в граммах соот-

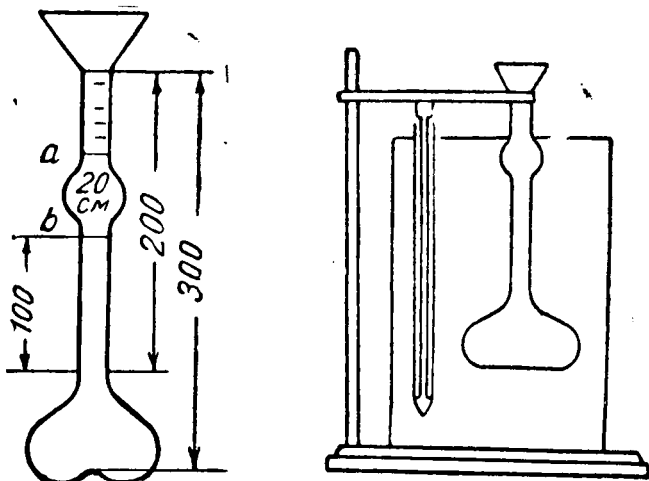


Рис. 59. Прибор Лешателье-Кандло

ветствует процентному содержанию данной фракции помола в гипсе.

В отдельных случаях бывает необходимо более точно разделить гипс по фракциям помола для определения гранулометрического состава. В этом случае пользуются целым набором сит разной частоты. Такое разделение по тонкости помола называется **ситовым анализом**.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ГИПСОВОГО ТЕСТА

Правильное определение количества воды, необходимого для затворения массы, имеет основное и решающее значение для производства изделий, а также для качественной оценки гипсовых вяжущих.

Недостаток воды вызывает загустение и плохую текучесть массы, а избыток сильно снижает механическую прочность изделий. Поэтому каждую партию гипса, поступающего в производство, необходимо подвергать испытаниям на предмет определения потребного количества воды для получения массы нормальной густоты.

Определение нормальной густоты по формуле акад. Будникова. Зная величины объемного и удельного весов гипса, можно расчетным путем вычислить количество воды, необходимое для затворения гипсового теста. При этом принимается, что вода должна заполнить поры между частицами гипса.

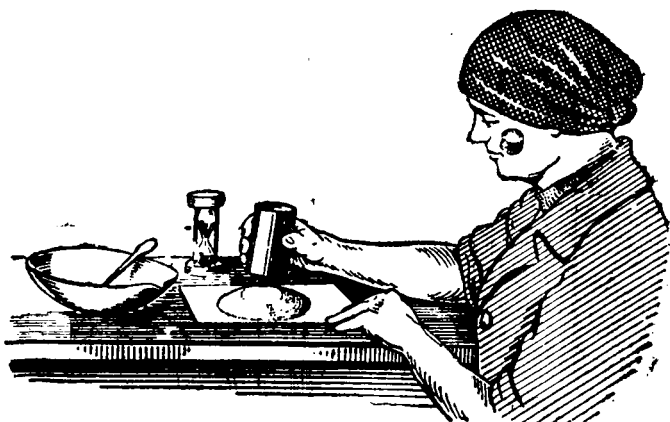


Рис. 60. Определение нормальной густоты по Сутторду

Предложенная для расчета акад. П. П. Будниковым формула имеет следующий вид:

$$W = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} 100,$$

где  $W$  — нормальный процент воды затворения,  
 $\gamma$  — удельный вес материала (гипса),  
 $\gamma_1$  — объемный вес гипса.

Определение нормальной густоты по Сутторду. Практическое определение нормальной густоты производится несложным прибором Сутторда (рис. 60); он состоит из медного цилиндра высотой в 100 мм, наружным диаметром 60 мм и внутренним диаметром 50 мм, и стеклянной пластинки размером  $210 \times 210$  мм. С одной стороны стекла наклеена бумажная таблица с нанесенными на ней концентрическими кругами диаметром от 60 до 200 мм. Круги чередуются со следующими промежутками: от 60 до 160 мм — через каждые 5 мм и далее — через каждые 10 мм.

Правила пользования прибором Сутторда сводятся к следующему: на технических весах (столовых) взвешивают навеску гипса в 300 г и затворяют ее при тщательном размешивании с водой в фарфоровой чашке в течение 30 сек.; после этого массе дают 2 мин. спокойно отстаиваться; время отмеривают секундомером или песочными часами; по истечении этого срока вторично быстро размешивают массу и заполняют ею медный цилиндр, установленный на центре стекла; затем цилиндр поднимают, и масса расплзается;

образуя на стекле лепешку, диаметр которой находится в зависимости от количества воды, взятой для затворения.

Нормальной густотой принято считать такую консистенцию массы, при которой образуется лепешка диаметром в 120 мм. Если диаметр лепешки меньше или больше 120 мм, необходимо соответственно прибавлять или убавлять количество вводимой воды.

Количество воды, при котором получается нормальная густота массы, пересчитывается в процентах по отношению к навеске гипса. Полученные числа называются водогипсовым фактором данного гипса.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ТЕКУЧЕСТИ И СХВАТЫВАНИЯ ГИПСА

Для испытания гипса на текучесть и на схватывание служит прибор Вика (рис. 61), состоящий из штатива, в который вертикально вставлен металлический круглый брусок с держателем для иглы; вес бруска с иглой 120 г, поперечное сечение иглы 1 мм<sup>2</sup>. К бруску прикреплена стрелка, передвигающаяся по прикрепленной к штативу шкале, градуированной от 0 до 40 мм.

На горизонтальную плоскость штатива кладут стекло размером 100 × 100 мм, на котором помещают металлическое конусообразное кольцо следующих размеров:

диаметр нижний внешний 75 мм, нижний внутренний 65 мм, диаметр верхний внешний 85 мм, верхний внутренний 75 мм, высота кольца 40 мм.

Пользуются иглой Вика следующим образом: взвешивают навеску гипса в 200 г и затворяют ее водой (взятой согласно определенной заранее нормальной густоте) в фарфоровой чашке в течение 1 мин., после чего раствор вливают в кольцо, помещенное на стекле; уровень гипса сравнивают ножом, и уже после этого иглу опускают в гипсовый раствор через каждые 30 сек., очищая иглу после каждого опускания.

Временем текучести считается отрезок времени до того момента, когда после поднятия иглы отверстие, образуемое последней в гипсе, больше не заплывает.

Началом схватывания считается тот момент, при котором игла, опущенная в массу, не доходит до стекла. Конец схва-

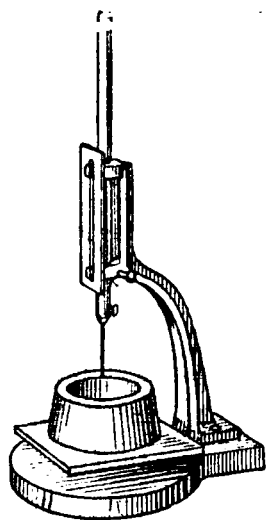


Рис. 61. Игла Вика

тывания соответствует моменту, когда опущенная игла погружается в массу не больше чем на 0,5 мм от поверхности.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАСТЯЖЕНИЮ И СЖАТИЮ

Для определения временного сопротивления растяжению гипсовых отливок из испытуемого гипса в специальных разъемных бронзовых формах отформовывают шесть образцов восьмерок. Размер восьмерок показан на рис. 62. Для этого затворяют навеску в 600 г гипса с водой. Последняя берется в количестве, соответствующем заранее определенной нормальной густоте массы. Перед заполнением формочки слегка смазывают машинным маслом. Поверхность заформованных образцов сглаживают ножом в уровень с краями форм. Образцы остаются в формах в течение 2 час., после чего их извлекают из форм и устанавливают на ребро в сухом и теплом месте. Испытаниям подвергаются образцы в возрасте одного и 7 дней, если специальными условиями не предусмотрены другие сроки.

Определение сопротивления растяжению осуществляется на разрывающем аппарате Михаэлиса (рис. 63). Прибор состоит из системы рычагов с общим отношением плеч 1 : 50; испытуемые восьмерки помещаются между двумя захватывающими серьгами, из которых нижняя прикреплена к основанию штатива, а верхняя подвешена к рычагу аппарата; к концу большего плеча верхнего рычага подвешено ведро, в которое равномерным потоком поступает из специального бункера дробь; загрузку дробы в ведро продолжают до момента разрыва восьмерки, после чего подача дробы автоматически выключается.

Разрывающее усилие, отнесенное к 1 см<sup>2</sup> площади разрыва образца, вычисляется по формуле:

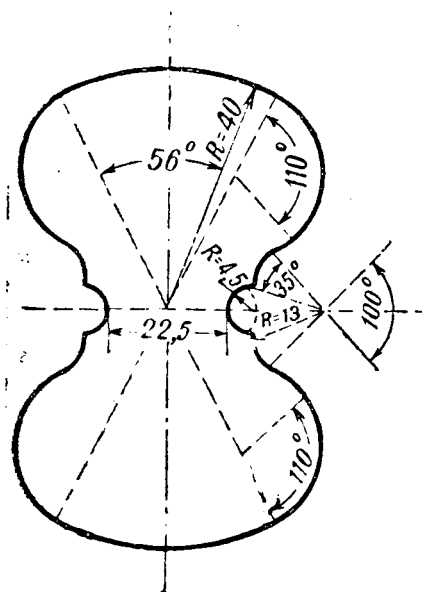


Рис. 62. Образец восьмерки для прибора Михаэлиса

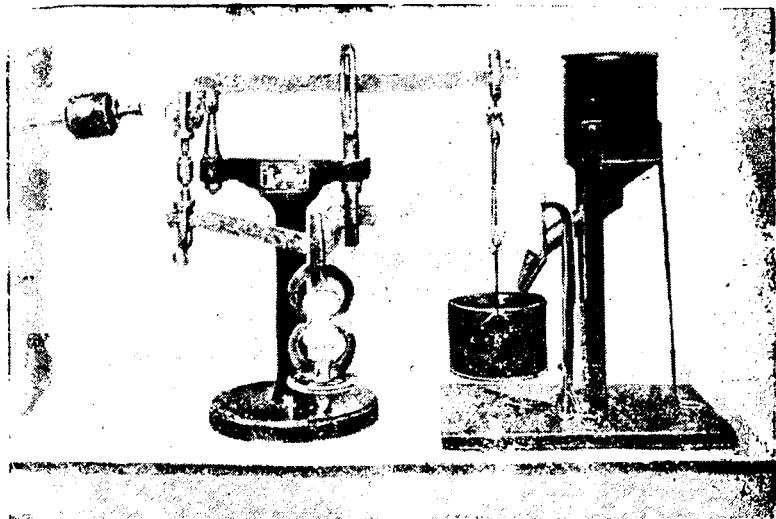


Рис. 63. Прибор Михаэлиса для испытания образцов на растяжение

$$\frac{P \cdot 50}{5} = P \text{ 10 кг/см}^2,$$

где  $P$  — вес дробы в кг,  
 50 — отношение плеч,  
 5 — площадь сечения разрываемой шейки испытуемых образцов восьмерок в  $\text{см}^2$ .

ГОСТ 125-41 не предусматривает испытания гипса на сжатие. Однако в связи с применением гипсовых вяжущих для изготовления строительных деталей, работающих на сжатие, в отдельных случаях необходимо бывает производить испытания образцов на временное сопротивление сжатию.

Для этого из гипсового теста нормальной густоты затворения отформовывают кубики размером  $7,07 \times 7,07 \times 7,07$  см; по истечении предусмотренных сроков выдержки после формовки (час, сутки, 7 суток, 28 суток) образцы подвергают раздавливанию на специальном прессе; величина нагрузки, вызывающей разрушение образца, относится к  $1 \text{ см}^2$  площади раздавливания и служит выражением сопротивления образца сжатию.

Примечание. Для испытания на временное сопротивление сжатию образцов гипсобетона из последнего изготавливают кубики размером  $10 \times 10 \times 10$  см.

## **XI. ОБЗОР ГИПСОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛ И ДЕТАЛЕЙ**

Номенклатура применяемых в современном строительстве гипсовых материалов и деталей довольно обширна и включает следующие основные типы изделий:

- 1) стеновые детали (блоки и камни),
- 2) конструктивные элементы сооружений (перегородочные плиты, плиты для полов и потолков, несущие элементы и детали для их заполнения, элементы для защиты металлических узлов зданий, кровельные плиты и др.),
- 3) отделочные материалы (сухая гипсовая штукатурка, штукатурные перфорированные плиты и т. д.),
- 4) архитектурно-декоративные детали.

### **СТЕНОВЫЕ ДЕТАЛИ**

Имея относительно малый объемный вес и соответственно низкий коэффициент теплопроводности, камни и блоки, изготовленные из гипса или гипсобетона, обладают в то же время достаточной прочностью, дающей возможность применять их в жилищно-коммунальном и иных видах малоэтажного строительства. Эти же свойства позволяют облегчать стены, ограничивая их толщину сообразно климатическим условиям районов расположения строительства и соответственно облегчать фундаменты.

Благодаря возможности изготовления стеновых элементов в массовом количестве в виде большеобъемных единиц, достигается снижение расхода строительной рабочей силы не только в количественном отношении, но, что не менее важно и в отношении ее квалификации.

По своему составу гипсовые камни и блоки разделяются на две группы: а) изготовленные из чистого вяжущего без заполнителей и б) с инертными заполнителями (шлаком, золой, песком, кирпичным щебнем) или с органическими заполнителями (древесными опилками, стружкой и др.).

По структуре различают сплошные и пустотелые камни и блоки, а по способу изготовления—литые, трамбованные и вибрированные.

Выбор того или иного способа производства стеновых изделий зависит от вида применяемого гипса, его водопотребности и вяжущих свойств, сроков схватывания и, наконец, от вида заполнителей, их гранулометрии и влагоемкости и способности гипса связывать последние в монолит, обладающий



необходимой прочностью. Кроме того, одними из основных моментов, определяющих применение того или другого способа производства, являются конфигурация изделий и удобство заполнения форм. Многопустотные блоки с тонкими простенками между пустотами, как правило, изготавливаются из подвижной массы методом литья. Наиболее подходящим для этой цели гипсовым вяжущим, обладающим по сравнению с другими сравнительно высокими механическими свойствами при большом водогипсовом факторе, является формовочный «варочный» гипс.

Печной строительный гипс с большим периодом схватывания позволяет изготавливать изделия как способом литья, так и трамбованием. Последнее должно проводиться до начала схватывания, так как в противном случае будет нарушено взаимное сцепление агрегатов кристаллов с вытекающим отсюда снижением прочности изделий. Что же касается эстрихгипса, то для него последующее трамбование после укладки является обязательным.

Так называемые высокопрочные гипсы, обладающие малым водогипсовым фактором (демпферный, самозапарочный), у которых повышение количества воды при затворении резко снижает механические свойства отливок, с успехом формуются способом вибрации.

По размерам и по весу стеновые камни и блоки разделяются на одноручные и двуручные, транспортируемые и укладываемые без применения механизации, и крупные камни, для монтажа которых требуется установка механизмов (кранов, укосин и т. п.).

Форма и конфигурация стеновых блоков должны быть подчинены следующим требованиям: внутренняя структура, т. е. соотношение площадей и объемов пустот к суммарной площади или общему объему блока, и взаимное расположение пустот должны отвечать условиям теплотехнического порядка, внешняя же форма с лицевой стороны и плоскости, обращенной внутрь здания, должна удовлетворять архитектурным и декоративным требованиям (рельеф, фактура, гладкая поверхность и т. д.), а с боковых сторон и плоскостей постели обеспечивать плотность и надежную взаимосвязь блоков со стеной кладкой, исключающие возможность промерзания стен и задувания ветра.

В зависимости от принятой системы ведения стеной кладки избирается и форма стеновых камней и блоков.

Различают две системы кладки блоков: кладку на жидком растворе и кладку насухо с «принудительной точностью».

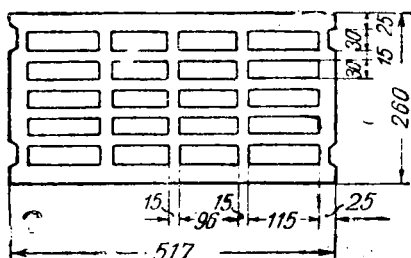
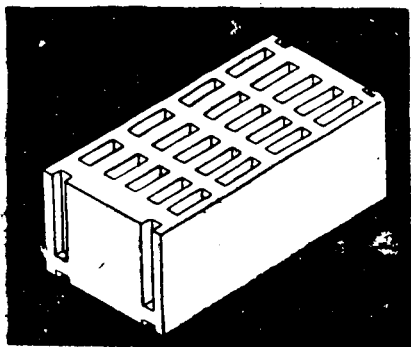


Рис. 64. Блок системы Дворковича.  
Общий вид и сечение

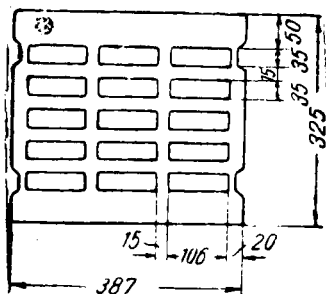


Рис. 65. Модернизированный блок Дворковича

Блоки и камни, укладываемые на растворе, могут иметь гладкие боковые поверхности и плоскости постели. Правильность их укладки при возведении стен проверяется рабочими при помощи рейки и корректируется путем сдвига и смещения камней на растворе. Блоки, монтируемые насухо с „принудительной точностью“, снабжены специальными выступами („гребнями“) и соответствующими им пазами на смежных плоскостях соседних блоков, точно фиксирующих их положение в стене.

Кроме того, блоки и камни „принудительной точности“ кладки имеют еще особые желобки, образующие при кладке своего рода каналы. Эти каналы заполняют раствором, связывающим блоки друг с другом

в один сплошной монолит. Как показал опыт гипсо-блочного строительства, наиболее сложной операцией при кладке является выверка блока при посадке его на раствор. Значительный вес блока и особенно быстрые сроки схватывания гипсового раствора (последний более желателен) сильно затрудняют выверку блоков.

Поэтому, несмотря на некоторое усложнение форм, предпочтение должно быть отдано камням и блокам с „принудительной точностью“ кладки.

В настоящее время в строительстве получили распространение стеновые блоки следующих систем: 1) инж. Дворковича, 2) инж. Булычева, 3) блоки „Крестьянин“, 4) блоки „Торонто“, 5) инж. Иосилевича, 6) инж. Торлецкого, 7) блоки „Украинец“, 8) блоки треста ОСМЧ-50, 9) блоки системы „СПБ“ и др.

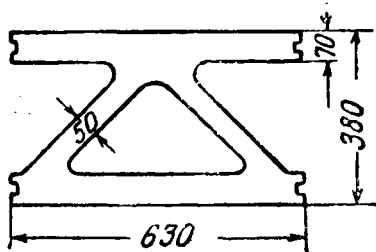
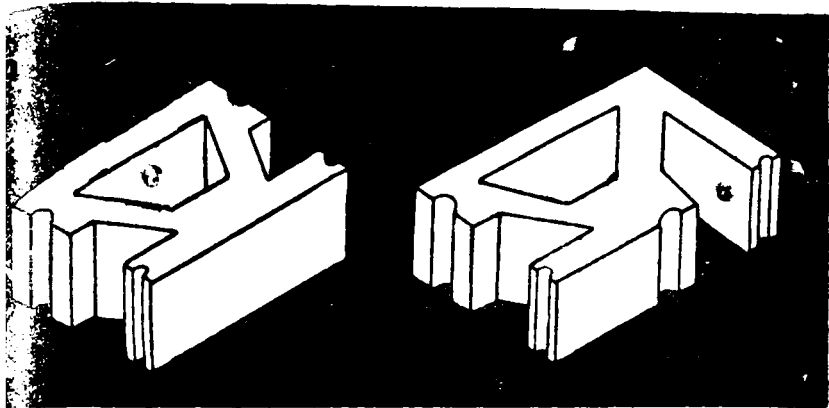


Рис. 66. Блок системы Булычева

### Характеристика стеновых блоков

Блоки системы инж. Дворковича (рис. 64) отличаются высоким процентом пустотности для получения максимального теплоизоляционного эффекта и экономичности расхода материалов. Однако им присущи и существенные недостатки: малая механическая прочность, позволяющая применять блоки только в качестве заполнения каркасов и обуславливающая повышенный брак при изготовлении, транспортировании и на строительстве; нерационально выбранные геометрические размеры блока и размещение в нем пустот, не обеспечивающие требуемых теплоизоляционных качеств стен.

Модернизированный блок (рис. 65) увеличенного габарита, предложенный тем же автором, также оказался не лишённым перечисленных недостатков.

Блоки системы инж. Булычева (рис. 66) применяются для устройства каркасно-засыпных стен. Теплотехнические свойства стен, сложенных из таких блоков, зависят

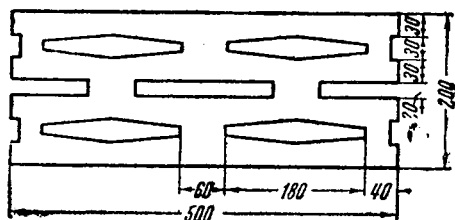
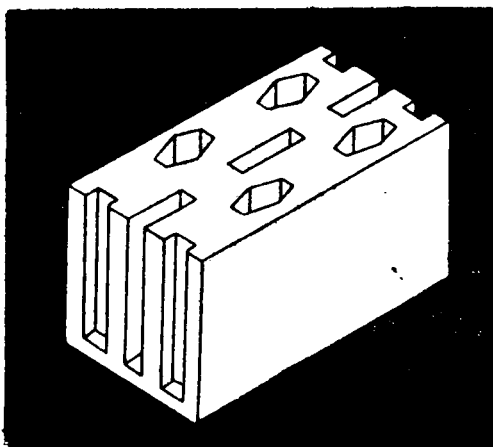


Рис. 67. Блок „Крестьянин“

также от характера применяемых для засыпки материалов. К недостаткам блоков инж. Булычева следует отнести некоторую конструктивную ослабленность консоли, повышающую процент брака, а также необходимость производить на стройке заполнение пустот.

Блоки системы «Крестьянин» (рис. 67) и «Торонто» (рис. 68) являются мелкими блоками. Пустотелость камней недостаточна для обеспечения нужной теплоизоляции стен. Геометрические размеры (габариты) выбраны неудачно и затрудняют архитектурное оформление зданий.

Блоки системы инж. Иосилевича (рис. 69) выгодно отличаются от других удачно выбранными геометрическими размерами. Они соответствуют модулю кирпича, легко позволяют производить любую комбинацию кладки при перевязке углов, пересечениях и примыканиях, удовлетворяют теплотехническим требованиям.

Блоки системы инж. Торлецкого (рис. 70) являются мелкими блоками «принудительной точности» кладки.

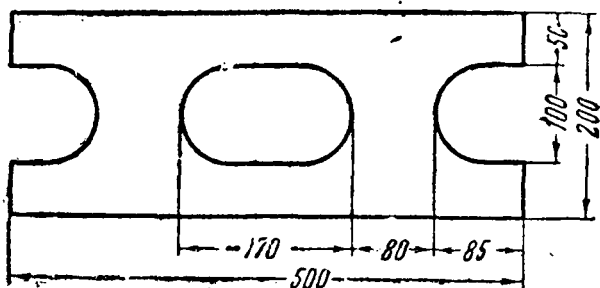


Рис. 68. Блок „Торонто“

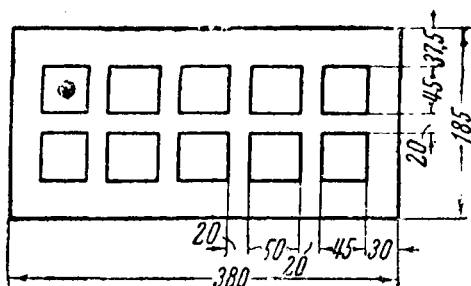


Рис. 69. Блок системы Иосилевича

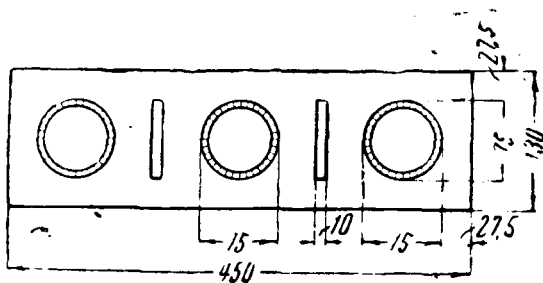


Рис. 70. Блок системы Торлецкого

В процессе возведения стен более трудоемки из-за малых размеров.

Блоки «Украинец» (рис. 71), благодаря своей Т-образной форме, позволяют вести кладку стен толщиной в 25 и в 38 см; в том и другом случаях обеспечивают хорошую перевязку и комбинирование блоков друг с другом.

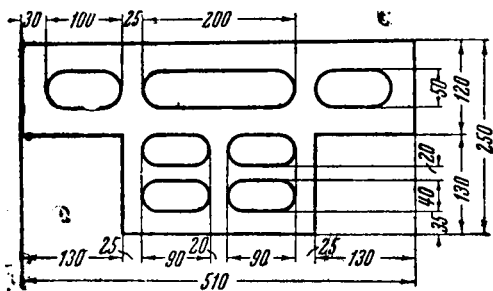
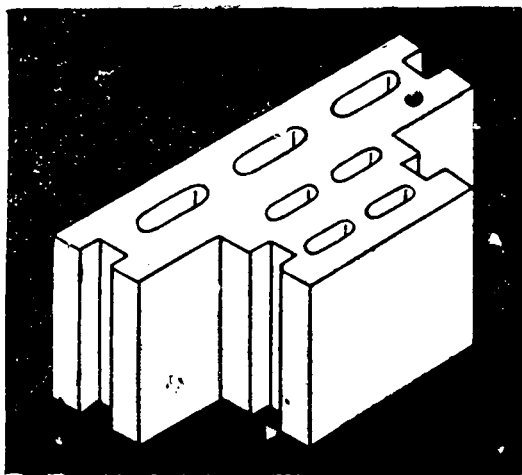


Рис. 71. Блок „Украинец“

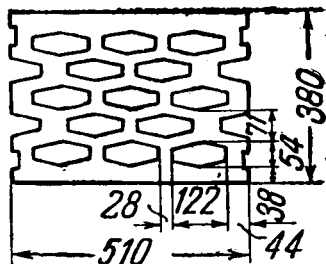
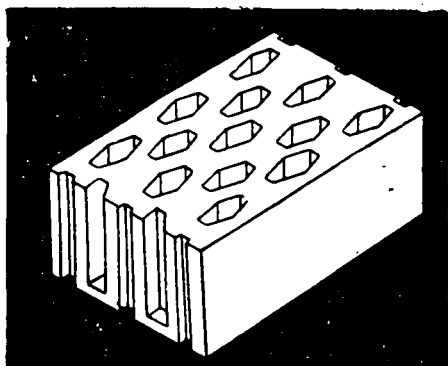


Рис. 72. Блок ОСМЧ-50

Блоки ОСМЧ-50 (рис. 72) представляют собой крупные, но легкие (двуручные) камни, с „принудительностью“ кладки. Высокий процент пустотности и рациональное размещение пустот обеспечивают высокие теплотехнические свойства стен, возведенных из этих блоков; принятые габариты блока соответствуют модулю кирпича (блок эквивалентен по объему 20 кирпичам).

Блоки „СПБ“ (рис. 73) характеризуются теми же свойствами, что и блоки ОСМЧ-50, т. е. „принудительной точностью“ кладки, модульностью кирпичу и др.; круглая форма пустот выполняется значительно проще, чем всякая иная; блоки принадлежат к числу наиболее эффективных.

Основные характеристики стеновых блоков приведены в табл. 28.

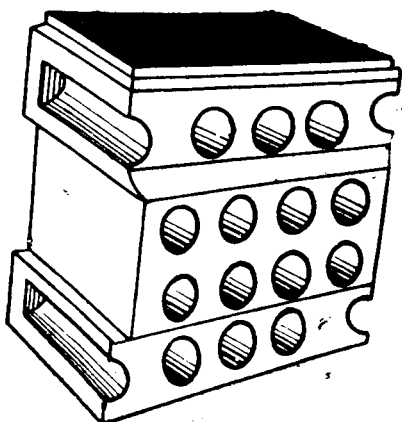


Рис. 73. Блок „СПБ“.

Таблица 28

Основные показатели	Типы блоков						
	„Крестьянин“	„СПБ“	Булычева	ОСМЧ-50	Дворковича	„Украинец“	„РВШ“
Площадь постели brutto (в см <sup>2</sup> ) . . . . .	1000	1444	1715	1938	1352	937	1900
Площадь постели netto (в см <sup>2</sup> ) . . . . .	671	961	1045	1295	802	667	1106
Отношение несущей площади к общей (в %)	67	66,5	60,4	67,3	59,1	71,5	58,3
Объем камня brutto (в дм <sup>3</sup> ) . . . . .	20	33,2	32,6	40,7	41,9	20,2	41,7
Объем камня netto (в дм <sup>3</sup> )	13,4	22,8	19,7	27,2	29,25	15,2	29,9
Отношение пустотности к общему объему (в%)	32,9	31,2	39,6	33,2	30	29	28,3
Вес камня (в кг) . . . .	15	28	27,6	33	35	15,2	40,5
Число камней на 1 м <sup>2</sup> стены при толщине в 38 мм или эквивалентной . . . . .	20	12,85	10	9,35	7	18,6	8,6
Вес 1 м <sup>2</sup> стены (в кг) .	325	360	250	308,5	270	282	384

Примечание. Вес 1 м<sup>2</sup> стены из блоков инж. Булычева приведен в таблице без заполнения. С засыпкой шлаком он составляет 341 кг, а с пенобетонным заполнением 300 кг.

В табл. 29 приводятся сравнительные технико-экономические показатели стен из гипсовых блоков и кирпичной кладки.

Таблица 29\*

Наименование показателей	Измеритель	Кирпичная кладка	Мелкоблочная кладка из гипсовых пустотелых блоков	Кладка из укрупненных блоков "СПБ"	Примечания
Толщина стены	см . . . . .	51	38	38	
Расход основного материала в плотной массе (в м³)	на 1 м² стены . . . . .	0,4	0,27	0,25	
	" 1 м³ кладки . . . . .	0,8	0,70	0,65	
Расход раствора (в м³)	" кладку 1 м² стены .	0,12	0,065	0,02	
	" внутреннюю штукатурку (1 м² стены) .	0,025	0,025	0,003	
	на наружную штукатурку (1 м² стены) .	0,030	0,005	0,003	
Вес 1 м² стены (в т)	без штукатурки . . . . .	0,9	0,45	0,36	Для сравнения приняты чисто гипсовые блоки (без учета введения заполнителей)
	с внутренней штукатуркой . . . . .	0,94	0,49	0,365	
	с внутренней и наружной штукатуркой .	0,98	0,50	0,370	
Расход рабочей силы (в чел./дн.)	на изготовление 1 м² стенового материала	1,1	0,95	0,80	
	на кладку 1 м² стены .	0,15	0,08	0,04	
	" внутреннюю штукатурку 1 м² . . . . .	0,15	0,15	0,05	
	на наружную штукатурку 1 м² . . . . .	0,20	0,14	0,07	
	Итого . . . . .	1,60	1,32	0,96	
Расход условного топлива (в кг)	на производство стенового материала, включая добавку сырья и изготовление полужабриката, на 1 м² стен . . . . .	35	12	10	Статья напечатана в сборнике Гипроавиапрома НКПС СССР "Жилищное строительство из демпферного гипса"
Расход электроэнергии (в квтч)	То же . . . . .	16	9	7	

\* Заимствована из работы Н. Левонтина, П. Малова и С. Жирковича.



## КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Перегородочные плиты по своему назначению разделяются на толстостенные — межквартирные и тонкостенные — межкомнатные. И те и другие по структуре могут быть сплошными и пустотелыми, а по составу материалов, идущих на их изготовление, — чисто гипсовыми или гипсовыми с заполнителями.

В качестве заполнителей можно применять: золу или шлак (гипсо-золевые и гипсо-шлаковые плиты), древесные опилки и стружку и, наконец, древесную дранку или сухой камыш (плиты «Диферент»).

Камыш и дранку вводят не только для экономии вяжущего, но главным образом как армирующий материал, который повышает прочность плит. По характеру торцовых сторон плиты бывают гладкторцовые и шпунтовые, снабженные специальными гребнями и пазами для удобства установки перегородок и создания необходимой жесткости.

В СССР перегородочные плиты выпускались в незначительном количестве.

Типы пустотелых перегородочных плит, выпускаемых в США, изображены на рис. 74. Характеристика этих плит приведена в табл. 30.

Таблица 30

Т и п ы п л и т	Размеры (в см)	Рекомендуемая вы- сота кладки (в м)	Вес 1 м <sup>2</sup> (в кг)	Расход раствора на монтаж 1 м <sup>2</sup> (в кг)	Расход штукатурки при односторонней отделке (в кг)	Общий вес плит при односторонней шту- катурке (в кг)	Вес двусторонней штукатурки (в кг)	Общий вес при двусторонней шту- катурке (в кг)
Сплошные	50×300×750	3,0	49,90	7,5	15	64,90	30	79,90
Пустотелые	75×300×750	4,0	49,90	10,0	15	64,90	30	79,90
Сплошные	75×300×750	4,5	64,86	10,0	15	79,86	30	94,86
Пустотелые	100×300×750	5,2	64,86	12,5	15	79,86	30	94,86
"	125×300×750	6,0	85,82	14,25	15	100,82	30	115,82
"	150×300×750	9,0	94,80	15,0	15	109,80	30	124,80
Облицовоч- ные	37,5×300×750	—	24,90	7,0	15	39,90	—	—
"	50×300×750	—	32,40	7,0	15	47,40	—	—

Перегородочные сплошные плиты «Диферент» (рис. 75), выпускаемые в Союзе, имеют следующие размеры: длина 1500 мм, ширина 400, толщина 100 мм.

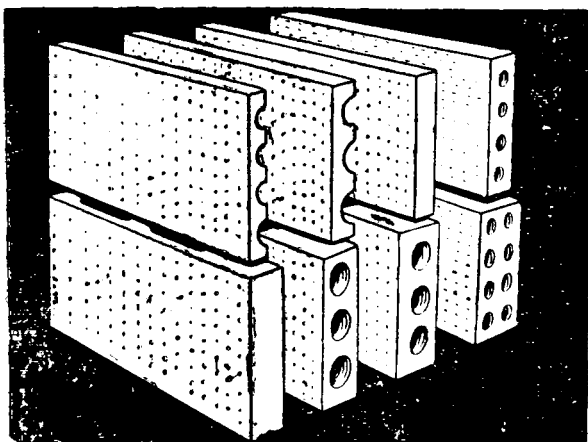


Рис. 74. Пустотелые перегородочные плиты

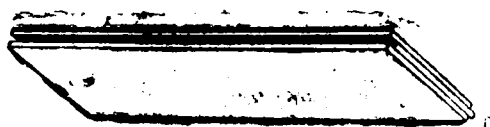


Рис. 75. плита „Диферент“

Гипсо-зольные и гипсо-шлаковые плиты выпускаются тех же габаритов и конфигурации, что и плиты «Диферент».

Плиты монтируют обычно на гипсовом растворе.

Примечание. В США для кладки перегородок из гипсовых плит применяют специальные растворы состава 335 кг белого цемента (Set Fast Cement) на 1 м<sup>3</sup> песка.

Расход цемента и песка на каждые 100 м<sup>2</sup> перегородок, в зависимости от толщины применяемых плит, приведен в табл. 31.

Таблица 31

Типы плит	Толщина (в мм)	Расход	
		цемента (в кг)	песка (в м <sup>3</sup> )
Облицовочные . . . . .	37,5	225,0	0,52
„ . . . . .	50,0	270,0	0,61
Сплошные . . . . .	50,0	270,0	0,61
Пустотелые . . . . .	75,0	360,0	0,83
Сплошные . . . . .	75,0	360,0	0,83
Пустотелые . . . . .	100,0	405,5	0,93
„ . . . . .	125,0	450,0	1,00
„ . . . . .	150,0	491,5	1,15

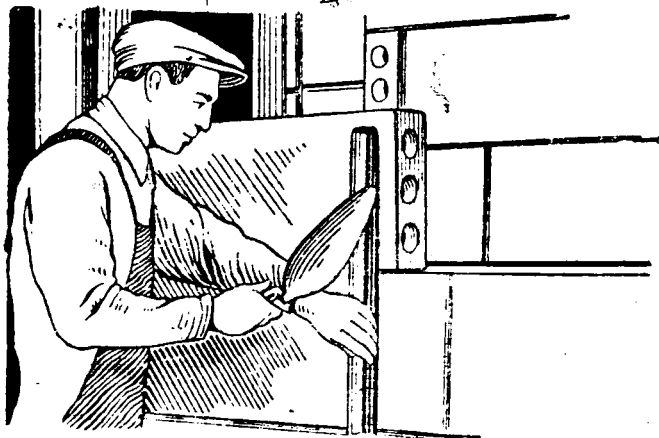


Рис. 76. Установка перегородки из пустотелых плит

В дополнение к тому, что указывалось выше о преимуществах гипсовых строительных деталей, следует еще отметить легкость и быстроту сборки и монтажа перегородочных плит на стройках.

На рис. 76 показан процесс установки перегородочной стенки из пустотелых гипсовых плит.

Вертикальность выведения стен проверяется по отвесу и при помощи рейки. Рекомендуется кладку гипсовых плит не производить непосредственно с уровня пола, а выстилать первый ряд стены керамическими блоками или облицовочным кирпичом той же толщины, что и гипсовые плиты, для предохранения от впитывания в них влаги при мойке полов или от случайно пролитой жидкости.

По смонтированным стенам и перегородкам производится односторонняя или двусторонняя штукатурка (загирка). В этом случае применяется обычный штукатурный раствор, и самые методы оштукатуривания поверхности ничем не отличаются от обычных.

После нанесения штукатурки отделку или декорировку стен производят известными в практике способами и методами.

Применение гипсовых конструктивных элементов — перегородочных плит, плит для полов и потолков, деталей для изоляции балок и т. д. — имеет место во всех случаях, когда требуются высокая огнестойкость и быстрота возведения строек. Так, например, ряд выдающихся строек в Нью-Йорке и других городах США выполнен из этих элементов (небо-

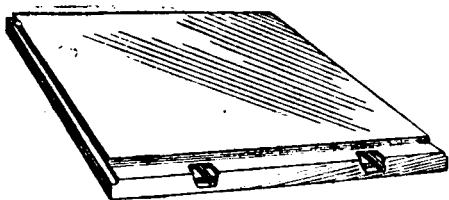


Рис. 77. Плита для потолков

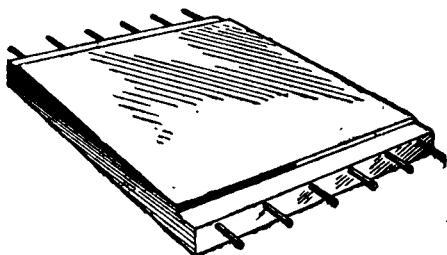


Рис. 78. Плита для полов

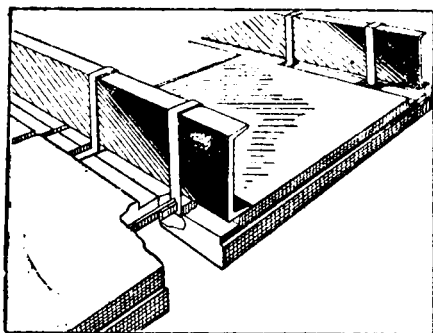


Рис. 79. Потолочные плиты на подвесках

скреб Крайслера, здания больницы в Бристоле и др. Кроме целей огнезащиты применение таких деталей как уже раньше отмечалось почти вдвое снижает удельные нагрузки на несущие элементы сооружений по сравнению с применяющимися для этой же цели бетонными деталями.

Как правило, все конструктивные детали делаются из высококачественного гипса, к которому для повышения механической прочности добавляют древесную стружку.

Плиты для потолков\* (рис. 77) армируются железными полосами сечением  $\frac{3}{8}$ " на  $\frac{1}{4}$ ". Размер плит: длина 0,75 м, ширина 0,76 м и толщина 5 см. Каждый такой элемент армирован не менее чем двумя железными полосами, несколько выступающими из боковых граней плит. Как показано на рис. 77, плиты для потолков окаймлены с боков фасками. Делается это для того, чтобы при сборке потолка в каждой соседней паре плит, примыкающих друг к другу гра-

нями, оставался желобок, заполняемый затем гипсовым раствором для придания монолитности всему потолку.

Плиты для полов (рис. 78) изготавливаются тех же стандартных размеров, что и для потолков, но только толщиной в 62,5 мм. Каждая такая плита армирована холоднокатаными железными прутками диаметром  $\frac{3}{16}$ ", расположенными параллельно друг другу на расстоянии в 10 см между центрами.

\* Применяются в США.



Рис. 80. Монтаж потолков

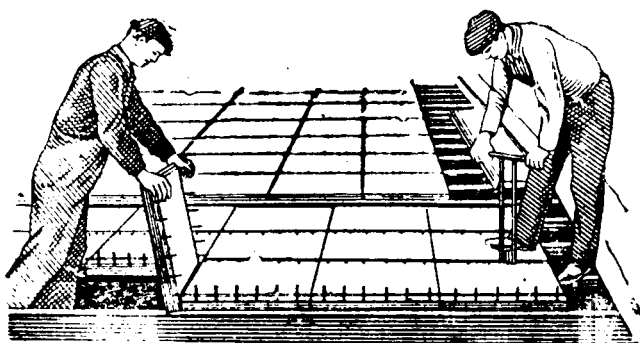
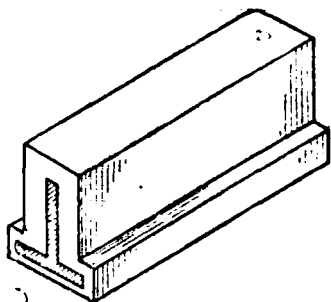


Рис. 81. Укладка пола

трами. Каждый пруток выступает на 5 см от боковых граней плиты. Глубина заложения арматурных прутков в плитах составляет около 20 мм от их верхней поверхности. Прутки аккуратно выправляют на специальном автомате и правильно укладывают в формы, что обеспечивает равную и достаточную прочность во всех частях плит.

Элементы для полов и потолков (правильнее — для подготовки под полы и потолки) монтируют по стандартным швеллерным балкам, уложенным параллельными рядами на расстоянии 30" (75 см) друг от друга. Плиты для полов укладывают поверх швеллеров, в то время как элементы потолков подвешивают к ним снизу. Крепление<sup>•</sup> потолочных элементов к швеллерным балкам производят посредством специальных железных Г-образных подвесок, изготовляемых из полосового железа толщиной 1/8", в которых выдавлены



специальные вырезы. Верхнее плечо подвесок ложится на верхнее ребро швеллерных балок, в то время как нижние вырезы вдеваются в свободные концы железных полос, армирующих потолочный элемент (рис. 79 и 80).

После заливки фасок смонтированного потолка гипсовым раствором все концы подвесок оказываются утопленными в тело плит. Этим они предохраняются от действия высоких температур при пожаре. После сборки потолки готовы к дальнейшей штукатурке и отделке. При этом нет никакой необходимости делать поверхность плит шероховатой.

Рис. 82. Балка, армированная деревом (внизу деревянная сверленная арматура)

Укладку плит для полов производят после того, как смонтирован и подвешен потолок; процесс укладки показан на рис. 81.

При сборке элементов пола выступающие концы армирующих прутков загибают и туго свивают с противоположными прутками соседних элементов; чаще всего это делают при помощи специального портативного механического приспособления.

Свитые концы прутков затем снова загибают вниз и укладывают в шпунтовой желобок, образованный гранями плит. Этот желобок, как и в предыдущем случае, заполняют по окончании монтажа пола гипсовым раствором. Излишек рас-

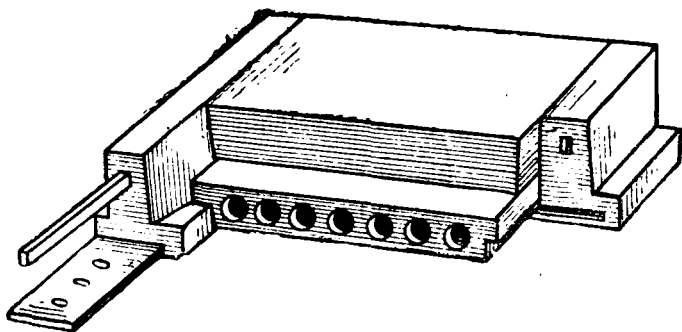


Рис. 83. Общий вид гипсобетонного перекрытия с заполнением пустотелыми элементами

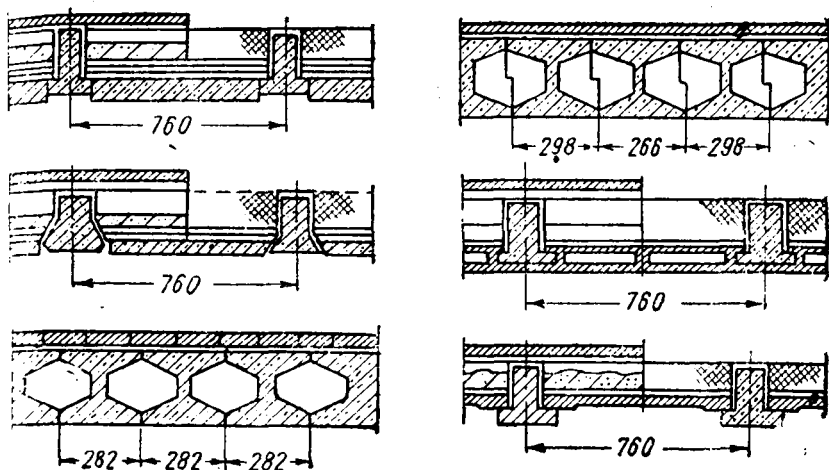


Рис. 84. Типы междуэтажных перекрытий

твора разравнивают с таким расчетом, чтобы вся площадь пола имела один уровень. При этом свитые концы прутков оказываются заключенными внутри пола. В результате такого способа монтажа пол получает надлежащую прочность и устойчивость. Ни одна из плит не может сдвинуться с места или выпасть. По готовому полу производят шлако-зольную засыпку и настил «чистого» пола из дерева, цемента или иных материалов.

Шлако-зольное заполнение делается толщиной в 5 см. Укладка водопроводных труб и трубок для электросети производится непосредственно по засыпке, до настила «чистого» пола. При устройстве мастично-асфальтового пола не требуется предварительной шлаковой засыпки, а асфальтовая мастика накладывается непосредственно на гипсовые покрытия.

В последнее время, в связи с повышенным интересом, проявляемым в строительстве к высокопрочным гипсовым вяжущим со стороны конструкторов и строителей, делаются попытки их при-

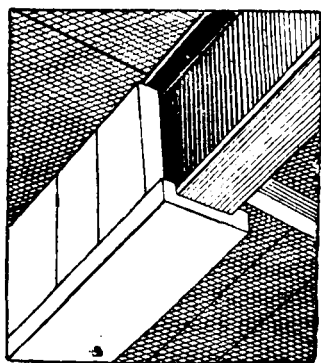


Рис. 85. Защита металлических балок

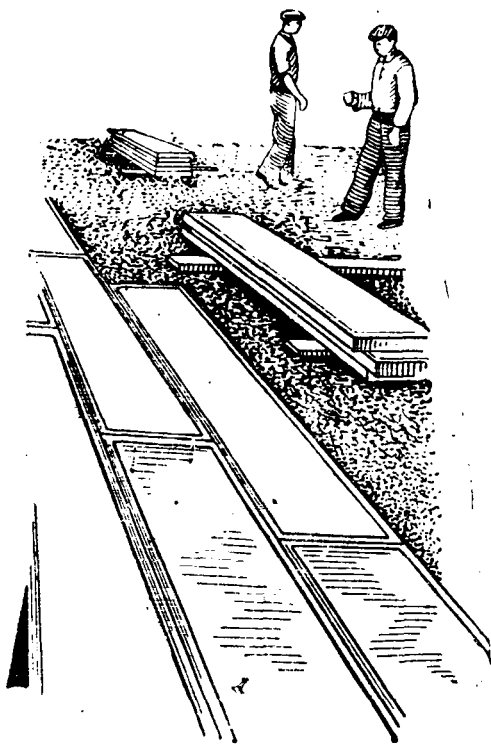


Рис. 86. Кровельные гипсовые плиты

Гипсо-бетон применяется также для междуэтажных и чердачных перекрытий. На рис. 84 изображены различные опытные типы гипсо-бетонных междуэтажных перекрытий, разработанные Гипроавиапромом. Различие в конструкции междуэтажных и чердачных перекрытий заключается в составе изоляционных слоев (битумные—для влагоизоляции, термолит и шлак—для звуко- и теплоизоляции).

Детали для защиты металлических балок. В зависимости от профиля применяемых в сооружениях металлических балок изготавливаются самые разнообразные виды гипсовых защитных деталей для их футеровки. Детали этого типа и способ их крепления показаны на рис 85.

Из других типов гипсовых изделий следует отметить кровельные плиты, шпунтовые или заключенные в металлические рамы (рис. 86), находящие все большее применение в современном строительстве.

менения в изгибаемых гипсо-бетонных конструкциях (прогоны, балки, перемычки и т. д.). В этом отношении необходимо отметить применение дерева наравне с железом в качестве арматуры. Для улучшения взаимной связи гипса с деревом в армирующих рейках делают специальные шпунтовые прорези, заполняемые при изготовлении балок гипсом (рис. 82).

Элементы междубалочного заполнения могут иметь самые разнообразные формы и конструкции. Значительный интерес представляет применение ребристых плит и пустотелых блоков. Общий вид гипсо-бетонного перекрытия с заполнением пустотелыми блоками показан на рис. 83.



Поверх кровельных плит настилают в два слоя толь или руберойд, с последующей заливкой всей поверхности асфальтовой мастикой. Надежно защищая сооружения от осадков, такие покрытия экономически себя оправдывают и избавляют от необходимости применять кровельный металл, стоимость которого значительно выше, если принять во внимание дальнейшие затраты по эксплуатации и ремонту.

## ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### Гипсовая сухая штукатурка

Среди гипсовых отделочных материалов первое место, несомненно, принадлежит гипсовой сухой штукатурке, известной за границей под названиями *sheetrock* и *wallboard*.

Сухой гипсовой штукатуркой, или листовым алебастром, называются плиты, изготавливаемые путем отливки из гипса, смешанного с различными заполнителями (древесными опилками, эмульсиями, дефибрированной мелочью и т. д.), армированные с двух сторон картоном, плотно соединенным с гипсовой основой.

Гипсовую сухую штукатурку применяют в качестве внутренней штукатурки для отделки каменных, деревянных и каркасных стен и перегородок, а также для подшивки потолков.

В США различают следующие типы сухих гипсовых штукатурок:

а) штукатурные плиты маломерные (*gypsum lath*), требующие оштукатуривания после установки (обычно эти плиты выпускаются перфорированными) (см. табл. 32);

Таблица 32

Толщина (в дюймах)	Ширина (в м)	Длина (в м)	Характер крайков
$\frac{1}{4}$ . . . . .	0,81 и 1,22	1,22; 1,52; 1,83; 2,13; 2,44; 2,74; 3,0	Прямоугольные
$\frac{1}{8}$ . . . . .	0,81 и 1,22	1,22; 1,52; 1,83; 2,13; 2,44	Прямоугольные со шпунтом
$\frac{1}{2}$ . . . . .	0,81 и 1,22	2,74; 3,0; 3,35; 3,66; 4,27	
$\frac{1}{2}$ . . . . .	0,91 и 1,22	2,44; 2,74; 3,0	"

б) листы сухой штукатурки (*sheetrock*, *wallboard*), применяемые в качестве окончательного отделочного материала (табл. 33).

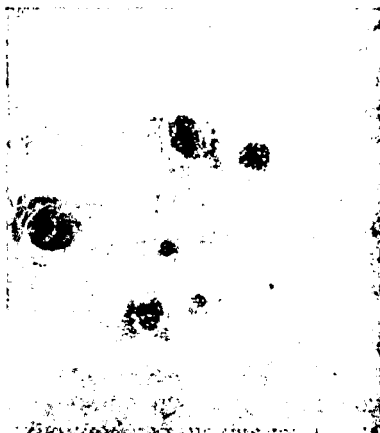


Рис. 87. Сухая гипсовая штукатурка, имитирующая различные породы дерева

Таблица 33

Толщина (в дюймах)	Ширина и длина (в м)	Количество листов в пачке	Общая площадь листов в пачке (в м <sup>2</sup> )
8/8 . . . . .	0,406 × 0,813	6	1,98
8/8 . . . . .	0,406 × 0,914	6	2,23
8/8 . . . . .	0,406 × 1,22	6	3,00
1 1/2 . . . . .	0,406 × 0,813	6	1,98
1 1/2 . . . . .	0,406 × 0,813	6	1,98
1 1/2 . . . . .	0,406 × 1,22	6	3,00

В СССР сухую гипсовую штукатурку до войны почти не производили, если не считать одного небольшого завода в Москве мощностью в 300 тыс. м<sup>2</sup> в год.

О том, какой рзмах приняло это производство в США, дает представление наличие тридцати трех действующих предприятий с мощностью каждого от 2,5 до 4,5 млн. м<sup>2</sup> сухой штукатурки в год.

Приводимая ниже табл. 34 показывает процентное соотношение между расходом гипсового вяжущего на сухую штукатурку за последние несколько лет (с 1938 г. по 1941 г.) и общим его расходом на все виды гипсовых строительных материалов и деталей.

Столь широкое применение гипсовой сухой штукатурки объясняется легкостью и быстротой ее монтажа и отделки, негорючестью и гигиеничностью. Внешнюю поверхность плит иногда армируют бумагой с рисунками, имитирующими ценные породы дерева (рис. 87), или оклеенной металлической фольгой. По характеру кромок, образующих шов между плитами, последние разделяются на прямоугольные, круглые и прямоугольные со шпунтом (рис. 88). Монтаж и отделка плит чрезвычайно просты и показаны в последовательном порядке на рис. 89, 90 и 91; процесс заключается в прибивке плит штукатурными гвоздями к деревянным рейкам или специальным закладываемым в

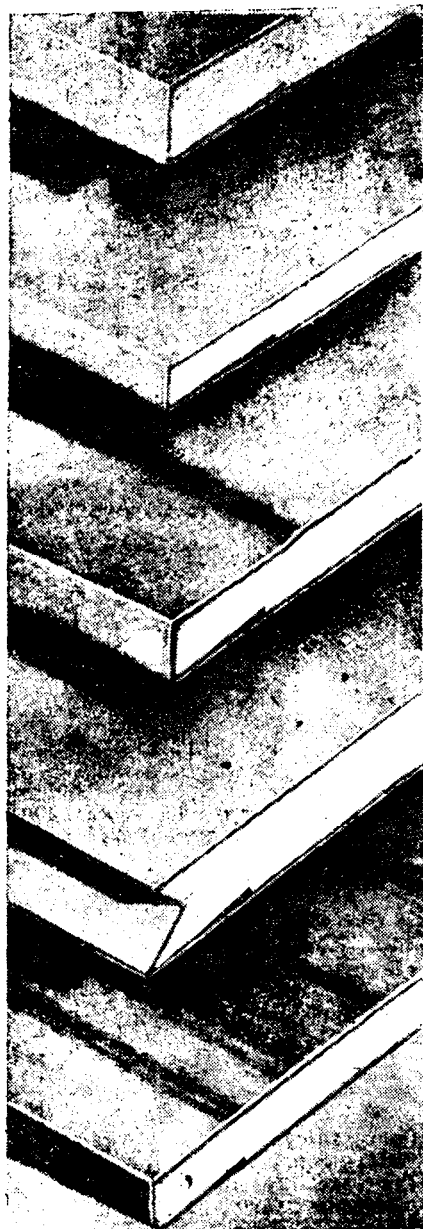


Рис. 88. Различные типы кромок плит сухой штукатурки

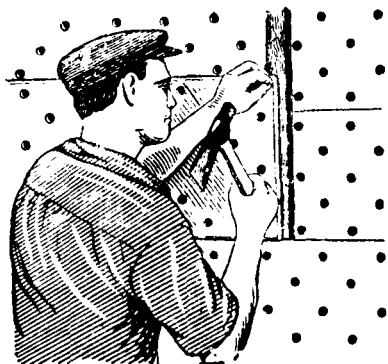


Рис. 89. Прибивка перфорированных плит сухой штукатурки к деревянным рейкам

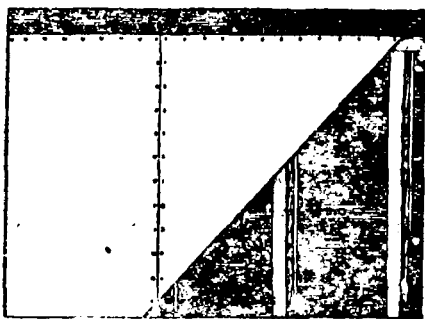


Рис. 90. Перегородка из сплошных листов сухой гипсовой штукатурки

кладку пробкам, шпаклевке и затирке швов. Сфактуренные листы нуждаются только в скрытии швов, что достигается наклеивкой полосок такой же бумаги или раскладкой багета.

## АРХИТЕКТУРНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ДЕТАЛИ

Из гипса выполняют самые разнообразные архитектурно-декоративные детали (рис. 92, 93, 94, 95) — карнизы, капители колонн, орнаменты, скульптурные отливки и барельефы, плафоны и т. д. В отдельных случаях для их изготовления применяются специальные виды гипсового вяжущего (гипс „стуко“, цемент Кина и др.). Путем введения красителей и отливки на шлифованном стекле получают изделия, имитирующие мрамор и полированные ценные горные породы (лабрадор, малахит и т. п.).

Таблица 34

Наименование изделий	Расход гипса по годам (в %)			
	1938 г.	1939 г.	1940 г.	1941 г.
Гипсовая сухая штукатурка . .	87,00	85,34	88,20	90,00
Детали и плиты . . . . .	11,34	12,83	10,70	8,90
Гипс для изоляционных и кровельных плит . . . . .	1,66	1,83	1,10	1,10
Итого . . .	100,00	100,00	100,00	100,00

## Плиты для звукоизоляции

За границей, в особенности в США, получила большое применение в общественных помещениях (ресторанах, театральных фойе, клубах) облицовка стен и потолков специальными звукоизоляционными гипсовыми плитками. Последние представляют собой легкий ячеистый материал, окрашенный в мягкие и светлые тона. Пористость достигается внесением специальных газообразующих добавок и химикатов. Одновременно с повышением звукоизоляционных свойств помещений облицовка этими плитками повышает также огнестойкость всего сооружения.



Рис. 91. Заделка шва между плитками сухой штукатурки

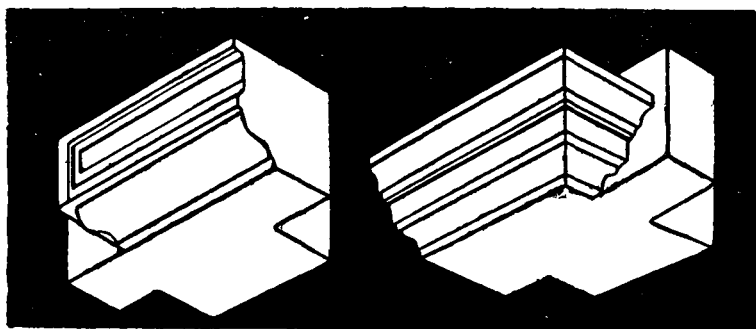


Рис. 92. Блок подоконной и дверной перемычек

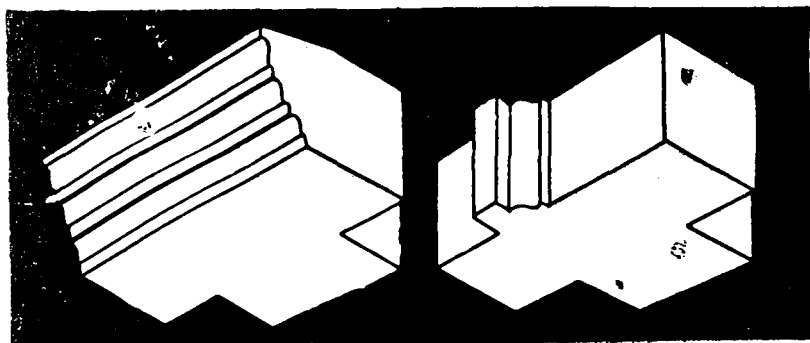


Рис. 93. Карнизный блок и деталь оконного обрамления

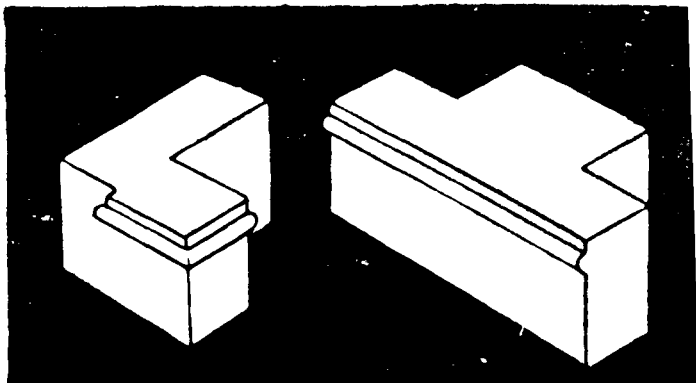


Рис. 94. Угловой блок и блок с тягой



Рис. 95. Имитация гипса под мрамор

## ХII. ПРОИЗВОДСТВО ГИПСОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

Всякое производство гипсовых строительных материалов и деталей включает следующие основные процессы:

а) составление рабочей формовочной массы из гипса и заполнителей (если таковые вводятся в ее состав) и затворение их с водой для получения необходимой густоты или консистенции;

б) заполнение форм, придающих гипсовой массе после ее затвердевания нужную конфигурацию и габариты;

в) сушку изделий (последняя может производиться в естественных условиях или в специальных сушильных установках).

В соответствии с указанной схемой рассмотрим процессы производства основных видов гипсовых строительных материалов и деталей.

### ПРОИЗВОДСТВО ГИПСОВОЙ СУХОЙ ШТУКАТУРКИ

Сырьем для производства плит гипсовой сухой штукатурки служат:

а) формовочный гипс с началом схватывания через 4—5 мин. и окончанием его через 8—10 мин.; при других сроках схватывания вводятся замедлители или ускорители схватывания;

б) заполнители.

Для уменьшения веса плит и улучшения гвоздимости, при одновременном повышении механической прочности, применяют различные заполнители; они разделяются на легкие твердые заполнители и вещества, способствующие газовыделению и созданию пор (ячеек) в основной гипсовой массе.

К твердым заполнителям относятся: древесные опилки, древесная мука, кукурузные отруби, пробковая мелочь и т. д.

Ко второй группе относятся различные эмульсии — пенообразователи, как, например, устойчивая мыльная пена, пена, получаемая взбалтыванием сапона в воде, и т. д.

Образование ячеек (пор) в гипсовой массе может быть также вызвано применением химических добавок, взаимодействие которых приводит к газовыделению. К таким добавкам относятся едкий натрий и перекись водорода, реагирующие друг с другом с выделением кислорода.

В условиях производства плит сухой штукатурки на кустарных станках и в предприятиях средней производитель-

ности основным видом заполнителей следует считать легко-  
весные твердые заполнители—опилки. Последние для  
производства могут применяться любых древесных пород.  
Они должны быть сухими и перед употреблением просеяны на  
сите в 4 отв/см<sup>2</sup>.

К а р т о н, применяемый для сухой штукатурки, должен  
быть достаточно прочным, чтобы армировать плиту, и доста-  
точно пористым для обеспечения хорошего сцепления с гип-  
совой основой.

Для этой цели за границей применяют специальный  
многослойный картон с шероховатой и ворсистой внутренней  
(обращенной к плите) поверхностью для лучшего сцепления  
с гипсовой массой и гладким прочным внешним слоем, сооб-  
щающим плитам механическую прочность.

Из большого количества сортов отечественного картона  
наиболее удовлетворительные результаты дает применение  
желтого древесного картона Балахнинской фабрики. В табл.  
35 приводятся основные качественные показатели картона  
отечественных и американских образцов, применяемых для  
гипсовой сухой штукатурки (по данным испытаний Централь-  
ной контрольно-аналитической лаборатории целлюлозно-бу-  
мажной промышленности ЦНИИПБ Наркомлеса СССР).

Таблица 35

Показатели	С о р т а   к а р т о н а			
	балахнин- ский желтый древесный	амери- канский № 1	верхний слой	нижний слой
			№ 2 трех- слойный	№ 3 трех- слойный
I. Сухой картон				
Вес 1 м <sup>2</sup> (в кг) . . . . .	424	405	396	408
Толщина (в микронах) .	743	733	585	617
Удельный вес . . . . .	—	—	0,65	0,66
Разрывная длина (в м):				
в поперечном направл.	1610	1275	1705	1330
„ продольном „	3995	4995	4060	3080
Разрывной груз (в кг):				
в поперечном направл.	11,1	8,05	—	—
„ продольном „	24,8	25,80	—	—
Растяжение (в %):				
в поперечном направл.	3,25	3,25	—	2,2
„ продольном „	2,25	2,00	1,2	—
Излом (число двойных перегибов):				
в поперечном направл.	—	—	—	3
„ продольном „	—	—	31	—



Показатели	Сорта картона			
	балахнин- ский желтый древесный	амери- канский № 1	верхний слой	нижний слой
			№ 2 трех- слойный	№ 3 трех- слойный
II. Мокрый картон				
После суточн. пребыв. в воде при темпер. 20°				
Разрывной груз (в кг):				
в поперечном направл.	0,82	0,73	—	—
„ продольном	1,77	2,33	—	—
Растяжимость (в %):				
в поперечном направл.	1,75	4,25	—	—
„ продольном	1,75	1,70	—	—
Разрывная длина (в м):				
в поперечном направл.	40	44	—	—
„ продольном	86	140	—	—
III. Состав и харак- теристика массы				
Степень проклейки с обоих сторон . . . .	0,25 расп.	0,5 расп.	—	—
Род проклейки:				
канифоль			Верх- ний слой белый	Ниж- ний слой серый
крахмал			Не- кле- ный	Кани- фоль
Состав по волокну (в %):				
а) целлюлоза хвойная и лиственная . . .	—	50	50	55
б) древесная масса .	100	50	100	45
в) тряпье . . . . .	—	следы	—	—
Степень размола . . . .	несколько жир- ный неравно- мерный, боль- ше длинных волокон	несколько жирный неравно- мерный	—	—

Примечание. Относительная влажность воздуха 68%, температура 25,6°.

### Производство гипсовой штукатурки на ручных формовочных станках

Общая схема производства показана на рис. 96: гипс со склада или специального бункера попадает в железные расходные ящики размером  $1,1 \times 0,7 \times 1,2$  м; из расходного ящика гипс зачерпывается мерным ведром и высыпается в смесительный ковш; в этот ковш вводятся также древесные

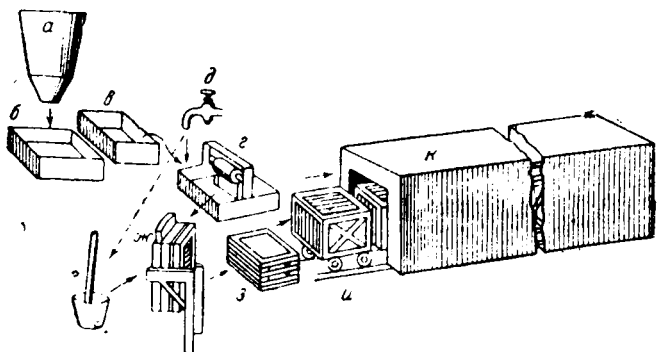


Рис. 96. Схема производства сухой гипсовой штукатурки на ручных станках: а—бункер с алебастром, б—расходный ящик для алебастра, в—ящик для опилок, г—ванна для замачивания картона, д—водопроводный кран, е—ведро с мешалкой, ж—ручной формовочный станок, з—выдерживание плит на рамках (щитках), и—плиты на сушильных вагонетках, к—тоннельные сушила

опилки, просеянные сквозь сито в 4 отв/см<sup>2</sup>, и вода для затворения массы; быстрым вращением мешалки массу доводят до однородного состояния, причем она приобретает густоту сметаны, и заливают в подготовленный заранее формовочный станок.

Ручной формовочный станок (рис. 97) состоит из двух основных частей: собственно формы и уплотняющего приспособления, обеспечивающего герметичность сборки станка и предотвращающего возможность вытекания массы при заполнении формы. Форма, в свою очередь, состоит из двух гладко отесанных деревянных (а еще лучше—металлических) плоскостей, из которых одна, основная, плоскость формы а, окаймлена с боков и снизу выступающими железными планками б, которым соответствуют вырезы в во второй, съемной, плоскости станка—крышке г; так как глубина вырезов в крышке меньше высоты выступающих планок основания формы, то при сборке формы между плоскостями остается свободный зазор, равный принятой толщине выпускаемых плит штукатурки; планки б, в свою очередь, служат нижней и боковыми стенками формы; верхняя открытая часть формы служит литниковой щелью для заполнения затворенной литейной массой и удаления вытесняемого из формы воздуха; к углам основной плоскости формы в тыльной ее части врезаны четыре деревянные стойки д, напоминающие своим видом ножки стола, попарно соединенные попе-

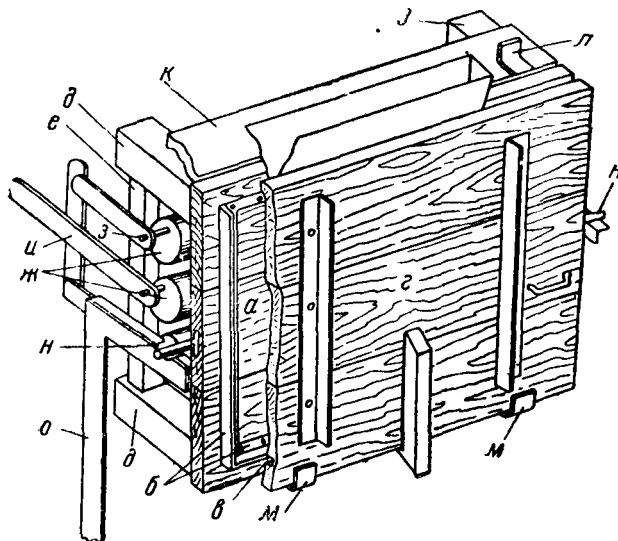


Рис. 97. Ручной формовочный станок: *а*—плоскость формы, *б*—планки, *в*—вырезы в плоскости крышки, *г*—крыша формовочного станка, *д*—стойки, *е*—перекладки стоек, *ж*—уплотняющие эксцентриковые валики, *з*—осевые штыри валиков, *и*—рычаги валиков, *к*—подвижная рама уплотняющего устройства, *л*—подвижные скобы, *м*—неподвижные скобы, *н*—ось вращения всего станка, *о*—кронштейны

речными, так называемыми упорными, перекладками *е*; деревянные стоечки играют роль направляющих, по которым может передвигаться деревянная рама уплотняющего приспособления; между упорными перекладками и основанием формы помещены три деревянных валика *ж* с эксцентрично насаженными осевыми штырями *з*, пропущенными через соответствующие отверстия в боковых стенках подвижной рамы; с одной стороны все осевые штыри эксцентриковых валиков соединены рычажной системой *и*, могущей при нажатии руки приводить валики во вращение; подвижная рама уплотняющего устройства *к* снабжена двумя парами железных скоб (нижними неподвижными *м* и верхними подвижными *л*), которые прижимают друг к другу плоскости формы (основную плоскость и крышку).

Уплотнение формы происходит вследствие того, что, вращаясь, эксцентриковые прижимные валики заставляют раму отодвигаться по направляющим стойкам от плоскости формы,

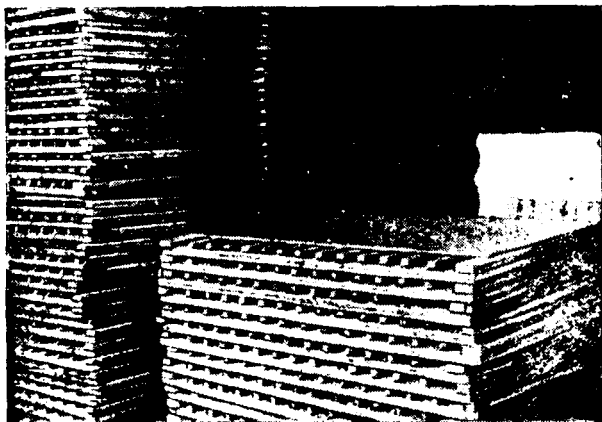


Рис. 98. Рамки с плитами

благодаря чему скобы тесней прижимают последние друг другу.

Чтобы удобнее было снимать отформованные плиты штукатурки со станка, ему можно легко придавать любой необходимый угол наклона. Для этого в центре боковых сторон станка укреплены оси  $n$ , вращающиеся в гнездах двух крошечных подшипников  $o$ , концы которых вделаны в бетонную подушку. Формовочный станок обслуживается двумя работниками-формовщиками. На обе плоскости формы накладываются влажные листы картона, и станок подвергается сборке. В образующуюся между плоскостями формы щель вставляется воронка, через которую форма заполняется гипсовой массой. После того как гипс схватится и затвердеет, что требует, в зависимости от качества применяемого алебаstra, от 12 до 15 мин., скобы ослабляют поворотом рычажной системы уплотняющего устройства. Верхняя пара скоб отбрасывается, снимается крышка формы. Наклонив затем станок и поддев стамеской верхний край плиты, освобождают ее из формы на деревянную рамку (щиток). Рамки (рис. 98) укладывают штабелями по 30—35 шт., и в таком виде плиты выдерживают от 2 до 4 час., чтобы они приобрели достаточную механическую прочность. Снятые затем со щитков плиты загружают в вагонетки и отправляют для сушки в специальные сушилки.

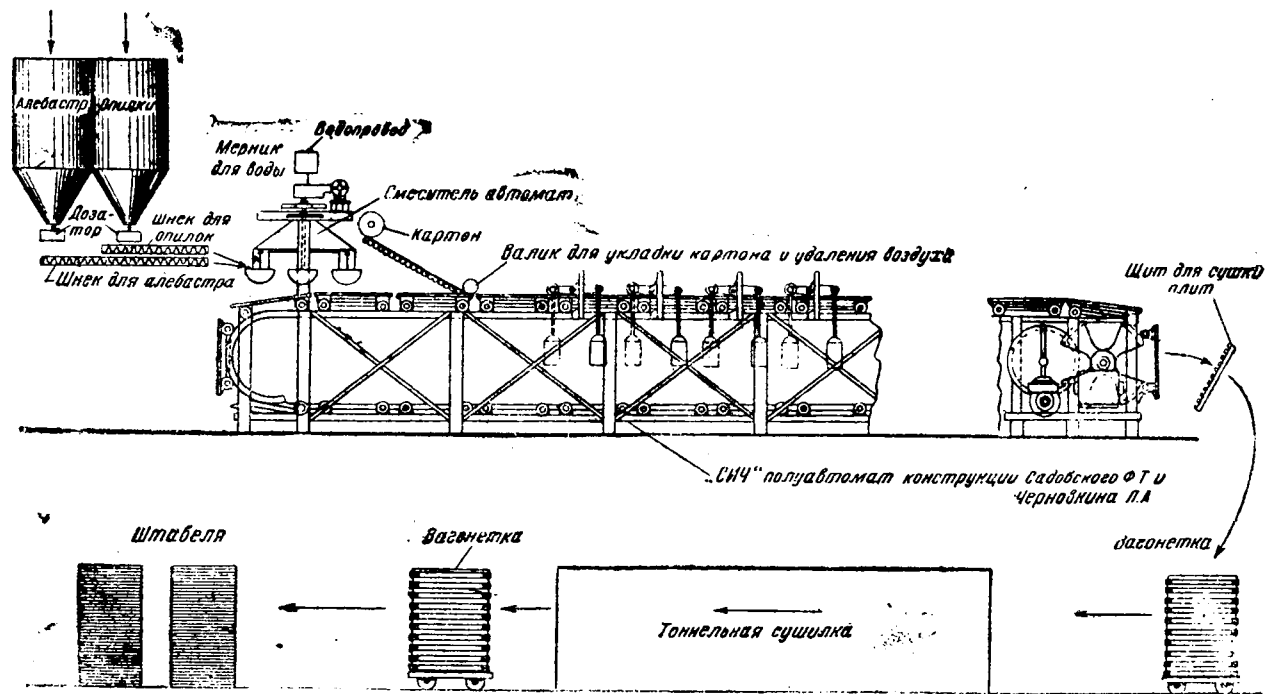


Рис. 99. Схема технологического процесса производства сухой гипсовой штукатурки на машине «СНЧ»

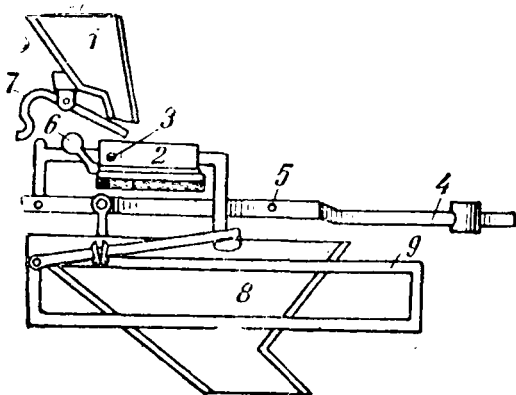


Рис. 100. Автомат для дозирования гипса: 1—питательный бункер, 2—совок, 3—ось совка, 4—вилка весов, 5—ось, 6—контргруз совка, 7—заслонка бункера, 8—желоб, 9—рама

## Механизированное производство плит сухой гипсовой штукатурки

Формовка на машинах системы «СИЧ» Садовского и Чернавкина. Машины системы «СИЧ» относятся к агрегатам средней производительности (до 300 тыс. м<sup>2</sup> в год при двухсменной работе). Технологический процесс производства с механизированной формовкой состоит из следующих последовательных операций (рис. 99).

Гипс со склада загружается посредством многоковшевого элеватора (типа «Нории») в расходный бункер, установленный в специальной башне над производственным помещением. Из бункера гипс подается шнековым транспортером в питательный бункер-приемник автоматических весов. Назначение питательного бункера — вместить необходимое количество алебаstra, подаваемого шнеком, на очередную загрузку весов после их опорожнения.

Автоматические весы (рис. 100) представляют собой железный совок 2, вращающийся вокруг оси 3, закрепленной на специальной металлической вилке 4. Вилка служит коромыслом весов и в центре опирается на металлическую призму 5, делящую коромысло на два плеча, — вторым плечом служит рукоятка вилки со свободно передвигающимся по ней грузом; изменяя положение груза на плече, можно, по желанию, увеличивать или уменьшать вес дозируемого гипса; для этого по всей длине рукоятки вилки нанесены деления с обозначением веса; к совку прикреплен противовес 6, заставляющий

ковок принимать горизонтальное положение, когда он не заполнен гипсом.

Работа дозера сводится к следующему: как только совок освобождается от очередной порции гипса, вилка, на которой он прикреплен, приподнимается вследствие перевешивания второго плеча с грузом; при этом открывается заслонка 7 питательного бункера 1, и из него в совок устремляется струя гипса; заслонка остается открытой до тех пор, пока вес гипса в совке не уравновесит вес правого плеча; работа автомата тесно увязана с движением смесительных ковшей и с формовочной машиной; из ковша дозера гипс поступает через воронку 8 в смесительный ковш, куда поступают заполнители и вода из специального дозера.

**Дозировка воды.** Основную часть дозера (рис. 101) составляют два металлических полых цилиндра 1, внутри которых передвигаются при помощи штоков два поршня 4, позволяющие изменять свободный объем цилиндров; оба цилиндра установлены на металлических тарелках 2, соединенных патрубками с особым многоходовым краном 3 (головкой Юнгермана), попеременно соединяющим то один, то другой цилиндр с водопроводной магистралью или со специальным напорным бачком; одновременно с заполнением одного цилиндра водой происходит опорожнение другого в ковш смесителя.

Автомат точно увязан с работой формовочной машины и смесительным устройством, и открытие или закрытие крана совпадает с подачей свободного ковша для заполнения водой; для удаления воздуха из цилиндров в момент их заполнения водой в поршнях устроены специальные поплавковые клапаны; так как поршни плотно пригнаны к цилиндрам, поднятие и опускание их производятся при помощи винта.

Смесительное устройство (рис. 102) состоит из четырех железных ковшей, подвешенных на металлической крестовине, вращающейся при помощи мотора вокруг своей оси. Через специальные шестеренные передачи от этого же мотора приобретают вращательное движение якорные мешалки, опущенные в ковши; при вращении мешалки разбивают комки и придают всей массе однородное состояние.

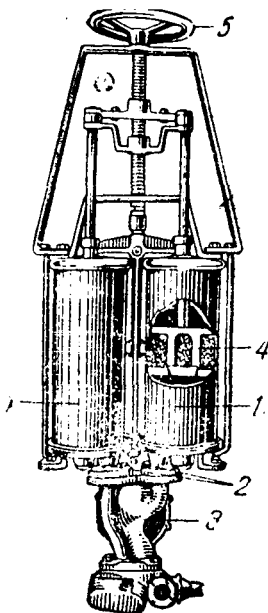


Рис. 101. Автомат для дозировки воды системы С. С. Марусина: 1—цилиндры, 2—тарелки, 3—головка Юнгермана (четыре-ходовой кран), 4—поршень с клапаном, 5—штурвал регулировки объема воды

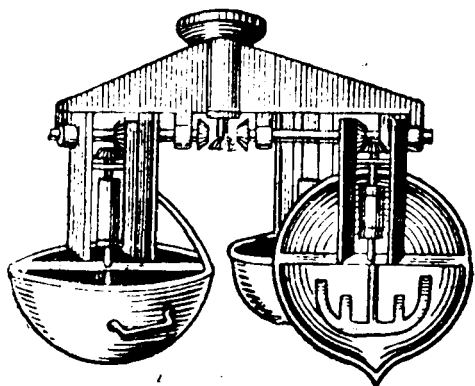


Рис. 102. Ковши с мешалками

В то время как в одном из ковшей происходит перемешивание затворяемой с водой гипсовой массы, остальные ковши находятся под загрузкой водой, опилками и гипсом.

Хорошо перемешанную массу выливают в форму конвейерной машины. Особое устройство автоматически выключает мешалку, как только ковш наклоняют для выливания массы в форму.

Формовочная машина. На рис. 103 пока-

зан формовочный конвейер конструкции инж. инж. Садовского и Чернавкина. Машина состоит из 30 подвижных платформ, катающихся на роликах по направляющим рельсам; платформы связаны между собой звеньями бесконечной цепи; каждая платформа состоит из железных строганых плит, окаймленных откидными железными планками, образующими своего рода борты форм. Толщина планок соответствует толщине выпускаемых плит сухой штукатурки (действующая на Московском заводе машина выпускает плиты толщиной в 8 мм). Приводная система машины состоит из двух металлических дисков с эксцентрически насаженным зубом, вращаемых посредством электромотора. При своем вращении зуб дисков периодически приходит в сопряжение с мальтийскими крестами, поворачивая их на 90°. На одном валу с мальтийскими крестами насажены звездочки, сопряженные со звеньями цепи. Попадая в звено, звездочка тянет его за собой, увлекая весь конвейер с формовочными платформами. Таким образом, движение всей машины приобретает прерывистый характер, т. е. остановки и движение периодически чередуются.

С торцевой стороны машины происходит укладка увлажненного картона в форму: картон прижимают к форме мягкой тряпкой и разглаживают. Процесс укладки картона показан на рис. 104.

Во время очередного передвижения конвейера форма со вложенным в нее листом картона попадает под смесительный ковш, откуда затворенная масса через специальную железную воронку выливается в центр формы. Распределение массы по всей форме производят вручную при помощи длинной ровной деревянной рейки («ровневки»).



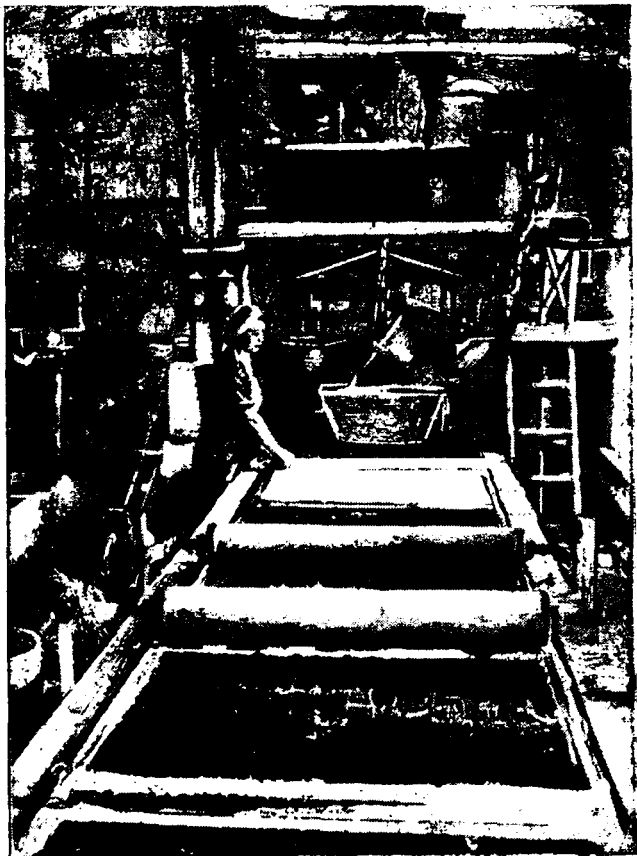


Рис. 103. Формовочный конвейер системы „СИЧ“

Когда гипсовая масса равномерно распределена по всей форме, на нее накладывают верхний лист картона, также предварительно замоченный в воде.

При дальнейшем движении конвейера отформованные плиты прокатываются последовательно под двумя прессующими валиками, расположенными поперек конвейера и катающимися по боковым планкам формы. Назначение валиков — уплотнить массу плит и обеспечить проникновение частиц гипса в поры картона, чтобы тем самым повысить прочность их взаимного сцепления. Кроме того, валики сообщают плитам одинаковую толщину по всей плоскости, выжимая изли-



Рис. 104. Накладка картона

шек массы. Отходы после прессовочных валиков проваливаются через щели между соседними формами и собираются в лоток, расположенный под машиной\*.

Весь дальнейший путь от прессующих валиков до конца конвейера по времени рассчитан на окончательное схватывание гипса.

С противоположного торца машины происходит съемка отформованных плит (рис. 105). Съемщицы принимают плиту на деревянные рамки. Рамки с плитами укладывают штабелями по 35—40 шт. и выдерживают в таком виде от 2 до 3 час., для того чтобы плиты приобрели достаточную механическую прочность и не изгибались во время загрузки в сушильные вагонетки.

После выдерживания на щитах плиты загружают в вагонетки и сушат в сушилках (описание сушил будет приведено ниже).

---

\* Подставляя на лоток разборную форму, можно использовать отходы гипсовой массы после вальцовки сухой штукатурки для изготовления различных гипсовых плит или деталей.

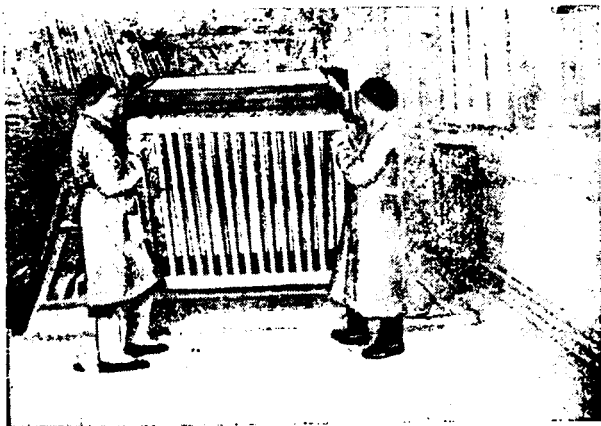


Рис. 105. Съемка плит с конвейера

### Производство гипсовой штукатурки на машинах непрерывного действия

Изготовление штукатурки в США производится машинами непрерывного действия большой производительности (от 9500 до 10500 м<sup>2</sup> плит толщиной в  $\frac{3}{8}$ " за 8-часовой рабочий день), работающими на специальных сортах рулонного картона. Большинство фабрик США получает картон из Канады.

По своему строению картон—двухслойный. Основной слой картона, обращенный к гипсовой массе (так называемый подстилающий), изготавливается из макулатуры—старой газетной бумаги. Поверх подстилающего слоя на лицевую сторону плит сухой штукатурки накладывается облицовочный картон (называемый jvoгу — «слоновая кость», получивший это название благодаря своему цвету). Из общего количества в 63,5 кг картона, расходуемого на каждые 100 м<sup>2</sup> штукатурки, облицовочный картон составляет около 30 кг.

Для облегчения веса и лучшей гвоздимости плит в состав гипсовой массы при ее затворении вводят древесные опилки или измельченную пробку. При производстве штукатурки применяют следующие химикаты: каустическую соду, казеин, канифольное мыло, кремнекислый натрий или натриевое растворимое стекло, ускорители или замедлители схватывания, а также крахмальную пасту. В качестве ускорителя рекомендуется применять сушеный схватившийся гипс (молотые гипсовые отходы производства).

Каустическую соду, казеин и канифольное мыло применяют для того, чтобы вспенивать смесь; кремнекислый натрий — для склеивания кромок картона друг с другом; замедлители вводят при быстрых сроках схватывания гипса, а небольшое количество крахмальной пасты улучшает склеивание картона с гипсовой основой.

В табл. 36 дается примерный расход химикатов на 100 м<sup>2</sup> плит сухой гипсовой штукатурки.

Таблица 36

Наименование химикатов	Расход на 100 м <sup>2</sup> (в кг)	Расход на 100 кв. фут. (в амер. фунт.)
Каустическая сода . . . . .	0,732	1,5
Казеин . . . . .	0,685	1,4
Канифольное мыло . . . . .	0,490	1,08
Кремнекислый натрий . . . . .	0,490	1,07
Замедлители . . . . .	0,490	1,07
Крахмальная паста . . . . .	2,440	6,5

Если необходимо применять ускоритель, а не замедлитель схватывания, его вводят примерно в таком же количестве.

Технологический процесс производства сухой штукатурки, как и всякое производство гипсовых строительных материалов и деталей, включает процесс формовки и сушки. Обожженный или вареный гипс (алебастр) при помощи тех или иных транспортировочных средств, чаще всего многоковшовыми элеваторами, загружают в металлический бункер, из которого он затем поступает в производство для формовки.

Формовочная машина для производства сухой штукатурки представляет собой сложный агрегат, включающий целый ряд основных механизмов, а именно:

- 1) конвейер для подачи гипса из бункера,
- 2) увлажнительный конвейер,
- 3) пенозаготовитель,
- 4) смесительные механизмы,
- 5) формовочный стол и несколько секций формовочного конвейера с резательным механизмом, установленным на конце машины.

Общая длина современных формовочных машин колеблется от 55 до 76 м и зависит от заданной производительности и качества сырья. Подача гипса из бункера осуществляется

при помощи скребкового транспортера, подающего гипс к питательной установке. Последняя представляет собой шнековый транспортер длиной в 3 м и диаметром в 152 мм. Кроме гипса, сюда же поступают и остальные компоненты формовочной массы: замедлители и ускорители сроков схватывания гипса, крахмал, опилки, пробковая мелочь и т. д. Количество

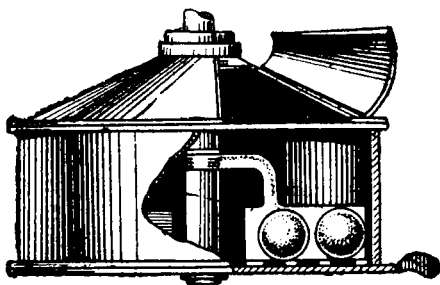


Рис. 106 Шаровой смеситель

этих добавок строго дозируется специальными вибрационными питателями. Шнековый транспортер не только перемещает материал, но также производит смешение массы. Из шнекового транспортера сухая смешанная масса попадает на увлажнительный конвейер. Под влиянием собственного веса прорезиненная лента вместе с сухой массой опускается в специально подставленный бак с водой, где и происходит увлажнение массы.

Длина увлажнительного конвейера достигает 10—11 м при ширине в 760 мм. Скорость движения увлажняющего конвейера должна быть достаточной для того, чтобы масса увлажнялась, и не настолько малой, чтобы слишком ее разжижить. Чрезмерное разжижение вредно влияет на качество продукции и в процессе высушивания требует лишнего количества тепла.

В случае изготовления плит сухой штукатурки облегченного веса к увлажненной массе добавляют пену, образуемую особой пеномешалкой из специальных пенообразующих химикатов. Пена должна быть тщательно взболтана и разбита на мельчайшие пузырьки определенной плотности и размеров. Однако полученная увлажненная масса с введенной в нее пеной не обладает еще требуемой «рабочей консистенцией», так как влага только пропитала отдельные частицы материала, не создав необходимой литейной густоты и однородности, что достигается в специальной смесительной установке.

Смесительная установка состоит из камеры диаметром в 0,5 м и высотой в 0,53 м, изготовленной из листового железа, внутри которой расположены пропеллерные мешалки. Каждая мешалка приводится во вращение через специальный редуктор переменной скорости. Каждая пара мешалок потребляет мощность до 3 л. с.

Иногда окончательное смешивание массы производят в смесителях других типов. Один из таких смесителей установлен на заводе «Certain-teed Co» в Акроне (штат Нью-Йорк). Смеситель (рис. 106) представляет собой железный короб цилиндрической формы, диаметром до 1,2 м, в котором вращаются на вертикальном валу лопастные мешалки. Для более интенсивного перемешивания массы между лопастями кладутся резиновые шары диаметром 15 см. При вращении вала шары, подталкиваемые лопастями мешалки, катятся по дну короба, создавая завихрения и содействуя энергичному взбалтыванию и полному смешению массы. Короб закрыт конусообразной металлической крышкой с люками для загрузки шаров.

Дно смесителя имеет специальный сегментный затвор, позволяющий регулировать скорость и количество вытекающей готовой массы.

Расход воды на 1 м<sup>2</sup> сухой штукатурки составляет около 4,5 л, т. е. около 75% от веса сухого гипса. Формовка самых плит производится на специальной формовочной части (столе) конвейера, (рис. 107). Стол оборудован верхними и нижними полками для установки рулонов картона, приспособлением для натяжения картонной ленты и нагревательными вальцами. С обеих боковых сторон машины установлены специальные профилировочные камни или диски. Они наносят риски на картон по линиям его перегиба при пакетизировании. Там же установлены приспособления для загибания кромок картона и обжимные форматные валики. Между верхним и нижним листами картона заливается гипсовая масса. Дальнейшим процессом является резка бесконечной гипсовой ленты на отдельные плиты и удаление излишней влаги.

Свежеотформованная плита мягка и легко может деформироваться, так как в ней еще продолжает протекать процесс схватывания гипса. Поэтому дальнейшее движение плит происходит на плоской ленте конвейера шириной в 1320 мм, скользящей по близко расположенным друг к другу поддерживающим роликам. Длина этой части конвейера достигает 30 м.

По мере движения и затвердевания плит их прочность возрастает, и расстояние между отдельными поддерживающими ленту роликами увеличивается, а в последней части машины совершенно отпадает необходимость в самой конвейерной ленте. Ролики, вращаясь при помощи насаженных на них зубчатых шестеренок и бесконечной цепи, обеспечивают дальнейшее перемещение отформованной штукатурки

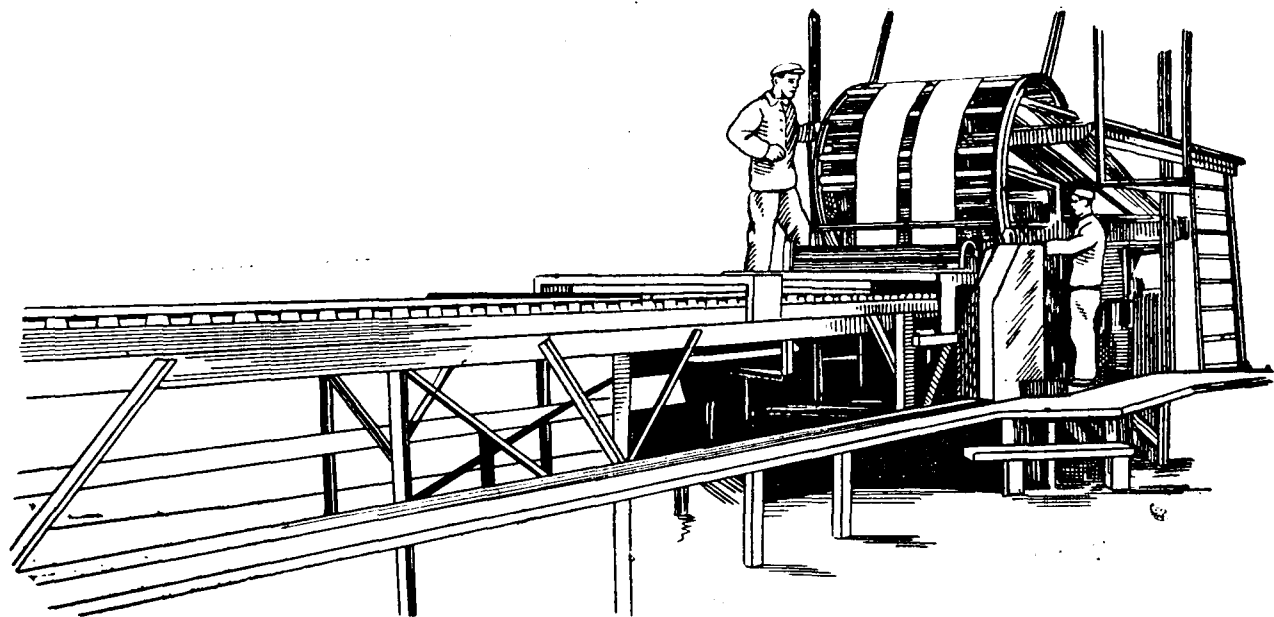


Рис. 107. Формовочный стол конвейерной машины постоянного действия

к резательной машине. Резательная машина, автоматическая, типа гильотины, отсекает установленной длины отрезки плит. При этом время резки и положение ножа, во избежание получения косого среза, строго согласованы со скоростью прохождения плит на конвейере.

После резки получают отдельные плиты, и поэтому необходимо увеличить расстояние между ними для предупреждения возможности набегания их друг на друга. Это достигается тем, что участок конвейера за резательной машиной оборудован более быстроходными роликами, чем предыдущий (рис. 108).

Под прямым углом к быстроходной части конвейера расположен передаточный конвейер (рис. 109), который передает плиты на распределитель, загружающий их последовательно по этажам. Такое положение оборудования позволяет значительно сократить размеры производственного корпуса, так как сушилки могут быть установлены параллельно конвейеру. Сушку плит производят в специальных тоннельных прямоходных сушилках, снабженных многоярусными рольгангами.

#### • ФОРМОВКА СТЕНОВЫХ И ПЕРЕГОРОДОЧНЫХ ПЛИТ

В небольших количествах такие плиты изготавливаются непосредственно на строительных площадках или в подсобных мастерских на примитивных деревянных разъемных станках. При большой производительности и повышенных требованиях к плитам (в отношении точности размеров и минимальных допусков) применяют специальные разъемные алюминиевые формы, а в самый процесс производства вводят элементы поточности.

Производственный процесс состоит из следующих операций. Из питательного бункера гипс поступает в смеситель (рюмку); туда же вводятся и инертные заполнители, если употребляется гипсо-бетон. Отсюда гипс заливается в подготовленную алюминиевую форму, установленную на поддон. В форму закладывают также дранку или камыш, предварительно замоченные в воде. После заполнения гипсом форму разравнивают сверху деревянной рейкой и передают на конвейер, состоящий из двух параллельных бесконечных стальных тросов, натянутых между желобами двухручейных шкивов. Одна пара этих шкивов приводится во вращение от мотора через редуктор и систему зубчатых передач. Длина конвейера назначается с таким расчетом, чтобы плита могла приобрести достаточную механическую прочность, прежде чем достигнет противоположного от места заливки конца



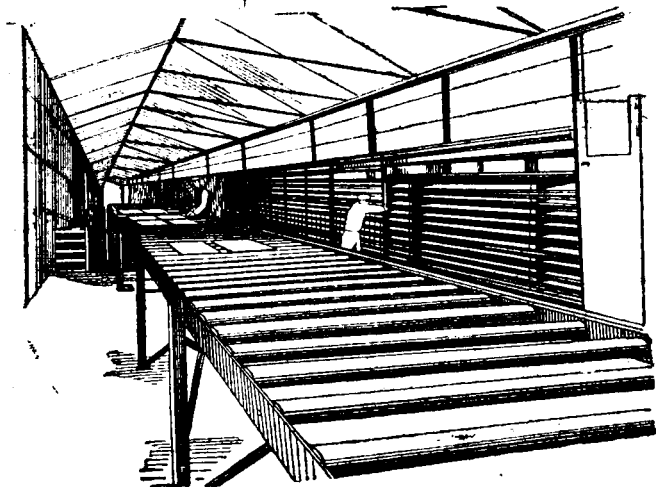


Рис. 108. Быстроходный рольганг за резательным автоматом

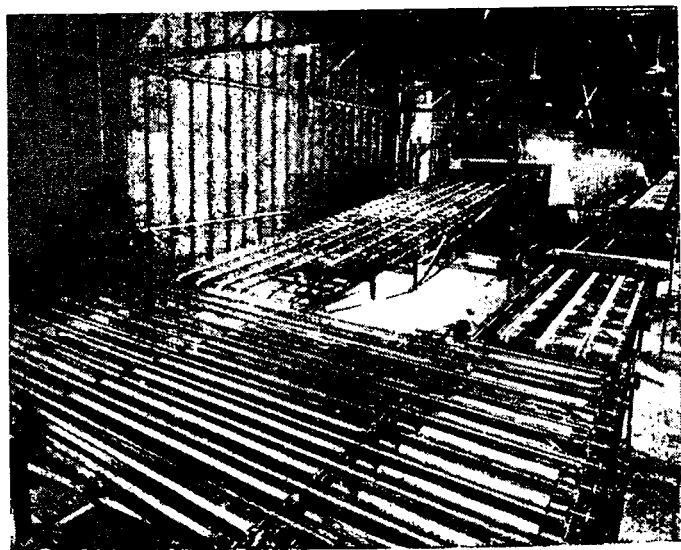


Рис. 109. Передаточный конвейер

конвейера. На этом конце конвейера производятся распалубка (разборка) форм и высвобождение из них плит. Далее плиты загружают в сушильные вагонетки и сушат в сушилках. Стеновые блоки изготавливаются таким же образом, как и перегородочные. Отличие состоит лишь в том, что после формовки блоки подвергают кратковременному вибрированию на виброплощадке (впрочем, перегородочные плиты тоже можно изготавливать вибрированными).

Схема производства перегородочных плит и других деталей механизированным путем представлена на рис. 110. Гипс при помощи многоковшового элеватора подается в конусообразный металлический бункер, снабженный мешалкой для предотвращения возможности слеживания гипса в бункере. Из бункера гипс подается при помощи шнекового транспортера в мешалку, куда, кроме него, поступают горячая вода, древесные опилки и вещества, ускоряющие схватывание гипса. В качестве последних чаще всего применяются молотые гипсовые плиты-брак в количестве до 2% от веса сухого гипса и раствор сернокислого калия. Количество гипса и опилок регулируется скоростями вращения и размерами шнековых транспортеров (обычно количество опилок составляет примерно 3% по объему).

После тщательного перемешивания в смесителе гипсовый раствор подается в формовочную машину, откуда по истечении срока схватывания (7—8 мин.) извлекают отформованные и затвердевшие плиты. Далее плиты подают к погрузочным площадкам искусственных сушил, где погружают в сушильные вагонетки. Иногда плиты грузят в вагонетки около самой формовочной машины. Сушильные вагонетки — металлические (из железных уголков), на обыкновенных узкоколейных скатах, вмещают, в зависимости от толщины, примерно от 54 до 72 плит, по 3 плиты по высоте и длине и от 6 до 8 по ширине вагонетки.

### **Формовочные машины для производства гипсовых перегородочных плит**

По конструкции различают два основных типа машин:

1) карусельные машины вертикального заполнения форм; машины такого типа выпускаются фирмой «Гер-борн» («Her-Born»),

2) конвейерные машины горизонтального заполнения (фирмы «Certain-feed Co»).

Карусельные машины «Her-Born». Фирма выпускает машины двух типов: с 14-ю и 28-ю одинарными или

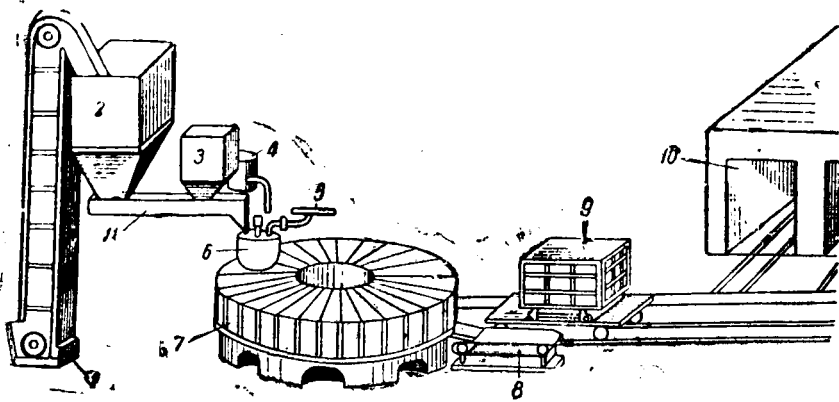


Рис. 110 Схема механизированного производства перегородочных плит: 1—элеватор, 2—бункер, 3—питательный бункер для опилок, 4—добавки замедлителей или ускорителей схватывания, 5—вода, 6—смеситель, 7—карусельная формовочная машина, 8—конвейер, 9—вагонетка, 10—сушка, 11—шнек

двойными формами. Этими машинами оборудовано большинство американских заводов, выпускающих гипсовые перегородочные плиты.

Общий вид одной из таких машин (с 28-ю сдвоенными формами) показан на рис. 111.

Основой машины служит чугунная карусель с внешним диаметром 2,75 и внутренним 2,65 м. Карусель вращается на роликах по металлическому направляющему желобу, окаймляющему массивную чугунную опорную станину. Формы расположены на карусели в радиальном направлении, для чего в карусельной плите высверлены соответствующие отверстия под болты, закрепляющие формы на карусели. Все формы — съемные и взаимозаменяемые. В случае необходимости на карусели могут быть установлены формы различных размеров и можно одновременно изготовлять плиты различной толщины; съем и замена форм длятся всего 15—20 мин. Каждая форма машины состоит из строганой чугунной плиты с отверстиями для крепления к карусели, из неподвижной задней и навесной передней (торцевой) стенки и двух раздвижных боковых стенок. Сдвоенные формы отличаются от одинарных тем, что у них имеется еще одна, средняя, неподвижная стенка, отгораживающая их друг от друга. Стенки форм отлиты из чугуна и окаймлены строгаными фасками, обеспечивающими плотность примыкания стенок формы друг к другу.

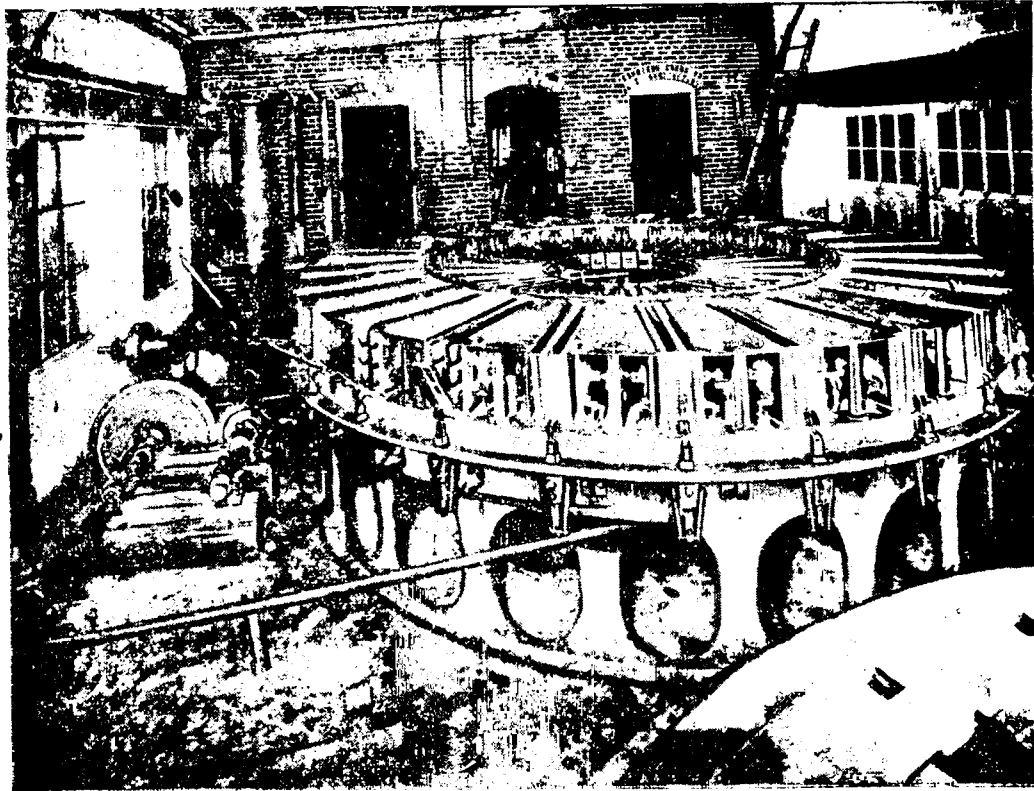


Рис. 111. Общий вид карусельной машины „Гер-борн“ для выпуска пустотелых перегородочных плит

С внутренней стороны все стенки облицованы рифлеными медными листами. Назначение рифлений — создать на поверхности гипсовых плит бороздки и шероховатость для лучшего соединения с наносимой на стройке штукатуркой при отделке готовых стен и перегородок.

На боковых медных листах гравировается фабричная марка предприятия.

Между каждой парой форм расположен особый механизм, плотно прижимающий боковые стенки в момент заполнения форм гипсовой массой и придающий, таким образом, формам необходимую герметичность, а также ослабляющий стенки для облегчения выталкивания отформованных плит после их затвердения. Пространство, занятое этим механизмом, защищено сверху от возможного попадания гипса металлическими пластинами — секторами. К задней стенке форм наглухо прикреплены медные стержни-сердечники, создающие полости в гипсовых плитах. Сердечники обычно имеют круглое или прямоугольное сечение и гладко отполированную поверхность. Торцовая стенка форм снабжена специальным шарнирным замком, который затворяет и отворяет дверцу. Отворяясь, дверца занимает горизонтальное положение и служит как бы продолжением поддонной плиты. По ней, как по направляющей плоскости, сдвигается отформованная гипсовая плита.

Самое выталкивание плиты происходит следующим образом.

Внутри каждой формы (рис. 112) параллельно торцовым сторонам передвигается металлическая пластина выталкивателя, снабженная специальными вырезами, соответствующими сечению сердечников. Таким образом, самые сердечники, продетые сквозь эти вырезы, служат направляющими для пластины выталкивателя. Последняя, в свою очередь, соединена при помощи двух металлических стержней с выталкивающим механизмом, расположенным в центре машины. Находясь в крайнем положении у задней стенки формы в момент заполнения гипсовым раствором, пластина под напором выталкивателя начинает скользить по сердечникам, выталкивая из формы, по истечении необходимого срока схватывания и затвердения, готовую плиту. Действие выталкивателя синхронизовано с механизмами по ослаблению боковых стенок и с шарнирным замком торцовой стенки формы. По времени этот момент совпадает с одним полным оборотом карусели. Всего плита остается в форме (с момента заполнения гипсом до выхода готовой, затвердевшей, плиты из формы) около 7—8 мин. Часовая производительность одной формо-

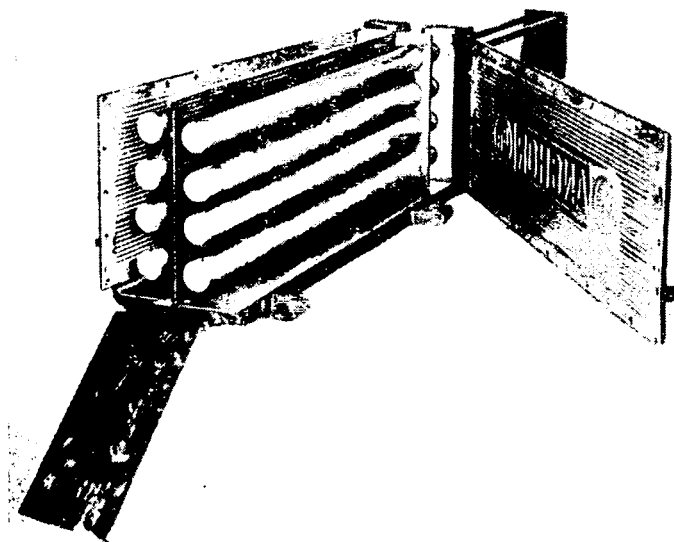


Рис. 112. Форма машины „Гер-борн“

вочной машины с 28-ю сдвоенными формами (при 7 мин. схватывания алебаstra) составляет 500 плит (или  $112 \text{ м}^2$ )<sup>\*</sup> в час.

Отформованные плиты попадают на ленточный транспортер, откуда их загружают в сушильные вагонетки. Для предупреждения прилипания гипса к стенкам форм последние орошаются при помощи сжатого воздуха керосином. Воздух нагнетается специально установленным маленьким компрессором.

В зависимости от скорости схватывания гипса формовочная машина может быть отрегулирована на различную производительность (различную скорость) при помощи дискового регулятора скоростей.

Машина приводится в действие электромотором мощностью в 5 л. с.

Формовочные машины «Certain-teed». По конструкции описываемая формовочная машина является машиной конвейерного типа с вертикальным способом заполнения форм. Производительность ее до 1250 плит (или  $280 \text{ м}^2$ ) в час. Машина представляет интерес тем, что, помимо перегородочных пустотелых или сплошных плит, на ней могут быть

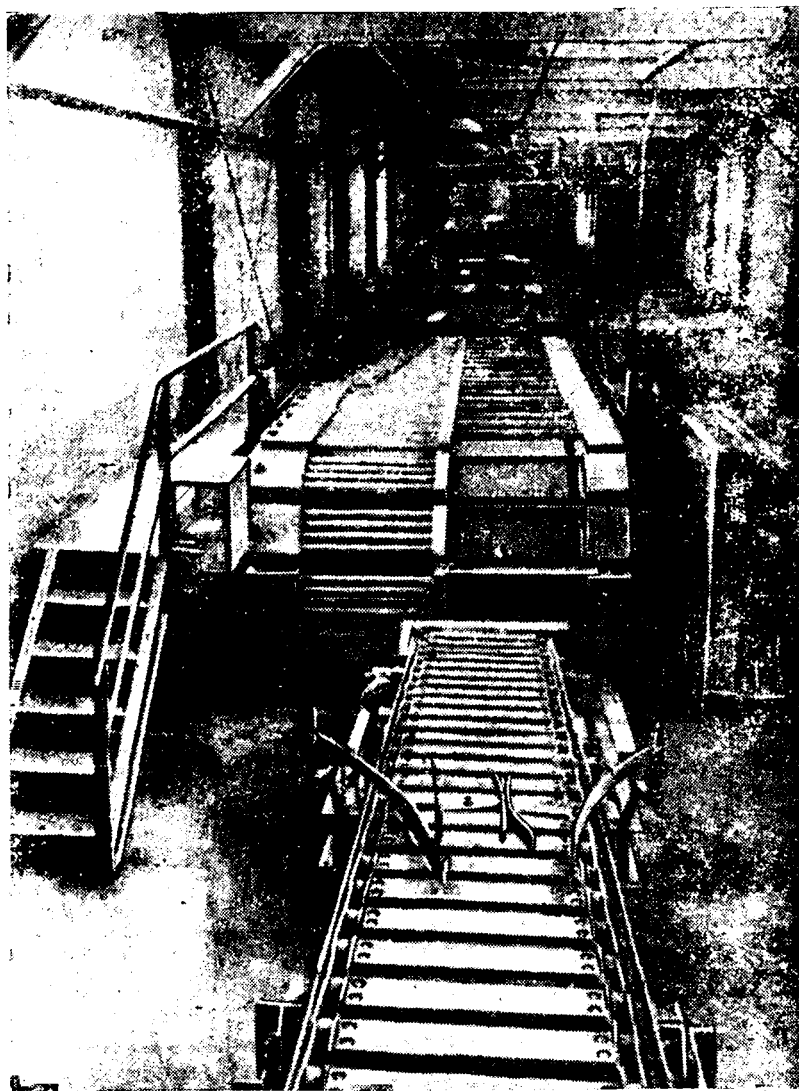


Рис. 113. Конвейерная машина для производства пустотелых элементов системы «Certain-teed»

изготовлены и другие гипсовые детали самой разнообразной формы и назначения (плиты для потолков, шпунтовые плиты и т. д.). Общий вид машины показан на рис. 113.

Между двумя парами параллельных металлических звездочек, из которых одна приводится во вращение через редуктор электромотором, а другая снабжена натяжным приспособлением, движутся две параллельные бесконечные цепи Галля. Чтобы избежать провисания цепей и одновременно обеспечить плавное скольжение, между звеньями цепей включены ролики, движущиеся по двум парам (нижним и верхним) параллельных направляющих из углового железа, составляющих одновременно и основу каркаса всей машины. Самый конвейер состоит из ряда металлических платформ, к которым прикреплены алюминиевые формы. Каждая форма состоит из поддонной плиты, двух боковых навесных алюминиевых щек, двух массивных металлических торцовых стенок и подвижной колодки с укрепленными на ней стержнями-сердечниками. На стороне, обращенной внутрь формы, поддонная плита имеет рифленую поверхность. На ней выгравирована фабричная марка предприятия. Самая форма по длине вдвое меньше длины платформы и расположена не на середине платформы, а примыкает к одному из ее краев.

Одна из торцовых стенок, ограничивающая форму от подвижной колодки, имеет сквозные отверстия того же сечения и формы, что и пустоты формируемых плиток. Такие же отверстия, но не сквозные, имеются в противоположной торцовой стенке формы. В первом случае сквозные отверстия играют роль направляющих для медных сердечников, во втором они служат гнездами, стабилизирующими положение сердечников и их жесткость. Число отверстий соответствует числу пустот в выпускаемых плитах. Обычно плиты выпускают, как уже указывалось выше, с тремя, четырьмя, шестью или восемью отверстиями, проходящими вдоль всей плиты. При шести или восьми отверстиях они расположены двумя параллельными рядами. Один конец сердечников закреплен неподвижно в металлической колодке, передвигающейся по платформе. При крайних положениях колодки на платформе сердечники могут быть либо внутри формы (свободные концы сердечников в этом случае входят в гнезда противоположной, торцовой, стенки формы), либо совершенно выдвинуты из форм.

Движение колодок со штырями-сердечниками осуществляется следующим образом. На верхних плоскостях подвижных колодок укреплен ряд вращающихся роликов. При движении конвейера эти ролики встречают на своем пути го-



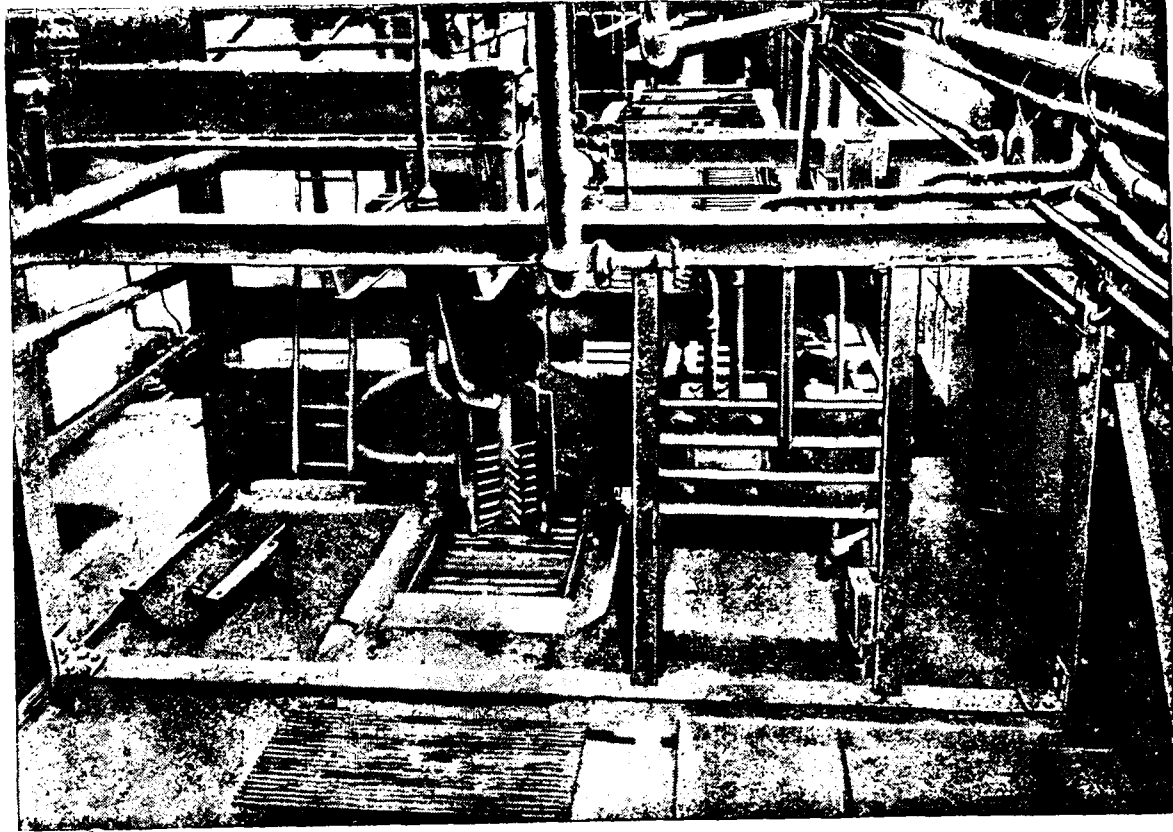


Рис. 114. Смесительное приспособление к машине «Certain-teed»

горизонтальную направляющую полосу, закрепленную под некоторым углом по ширине конвейера. С этого момента ролики начинают катиться по направляющей полосе, отводя подвижную колодку к торцовому концу платформы. При этом штыри-сердечники вытягиваются из затвердевшей гипсовой отливки, оставляя свободные полости. Подача, дозировка и заполнение форм алебастровым раствором — такие же, как при обычных способах.

Литье массы происходит на одном конце конвейера, где сосредоточены все дозирующие и смесительные приспособления.

Для предупреждения прилипания массы к формам последние также орошаются керосином. Так как при заполнении форм раствором его всегда дают в несколько большем объеме (во избежание пустот), излишек массы соскабливается специальным установленным по пути движения форм стальным ножом. Удаляемый гипсовый раствор попадает в следующую форму конвейера. При дальнейшем движении формы встречают на своем пути пружинящие металлические гребешки, оставляющие штукатурные бороздки на верхней поверхности отлитых гипсовых плит. Машина снабжена специальным приспособлением, автоматически отсчитывающим количество изготовленных деталей.

Дойдя до противоположного конца конвейера, плиты освобождаются из форм и ленточным транспортером передаются к погрузочной площадке тоннельных сушил. После того как платформы конвейера обойдут приводную звездочку, они снова встречают на своем пути направляющую пластину с противоположным направлением угла наклона. Последняя снова возвращает подвижную колодку со стержнями сердечников в исходное положение.

### **Мешалки для приготовления гипсового раствора**

Вопрос тщательного перемешивания и гомогенизации литейной массы для питания формовочных машин имеет первостепенное значение в производстве гипсовых строительных деталей. Этот вопрос разрешается отдельными фирмами и предприятиями различно. Все мешалки по их принципу действия можно отнести к двум типам: периодически действующим и непрерывного действия. Смесители периодического действия обычно представляют собой металлический ковш, в котором вращается мешалка. Чаще всего для этого применяются лопастные или пропеллерные мешалки. Иногда они бывают расположены несколькими рядами друг над другом

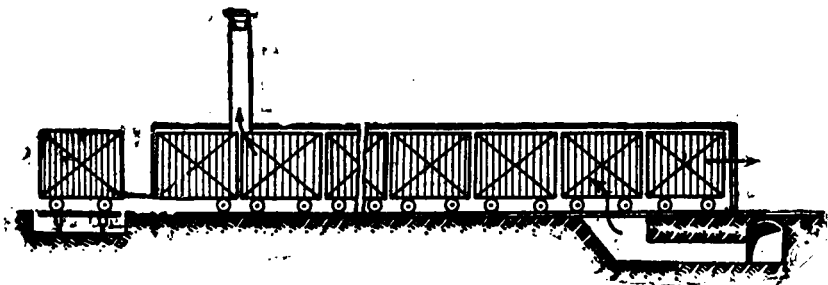


Рис. 115. Тоннельная противоточная сушилка

вокруг одной оси (рис. 114). Неудобство мешалок периодического действия заключается в прилипании сгустков гипса к стенкам ковша.

Этот недостаток полностью ликвидируется в мешалке непрерывного действия. Последняя напоминает собой глиномешалку и состоит из горизонтального металлического короба, в котором на валу вращаются лопасти-мешалки. Скорость вращения очень велика и достигает 3500 об/мин. Привод мешалки берется от мотора мощностью в 10 л. с. Применение этих смесителей дает возможность непрерывно питать формовочную машину алебастровым раствором. Кроме того, самое качество смешения и гомогенизация всех компонентов значительно выше, чем у периодически действующих смесителей, что сильно повышает механическую прочность отлитых из этого гипса плит и деталей.

### СУШКА ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Сушку гипсовых толстостенных изделий — блоков, перегородочных плит и других деталей — чаще всего производят в специальных сушилках непрерывного действия тоннельного типа или в камерных периодических сушилках. В качестве теплоносителя в сушилках обычно применяются воздух, нагреваемый в паровых калориферах до 90—95°, или топочные газы, пропускаемые через сушилки.

Тоннельные сушилки, по направлению движения теплоносителя, разделяются на прямоточные, когда направление его движения совпадает с направлением движения материала, и противоточные, когда поток теплоносителя движется в противоположном к материалу направлении. Воздух нагревается в тоннели центробежными вентиляторами и покидает сушилки с температурой в 45—50°. Принцип работы таких сушил виден из рис. 115.

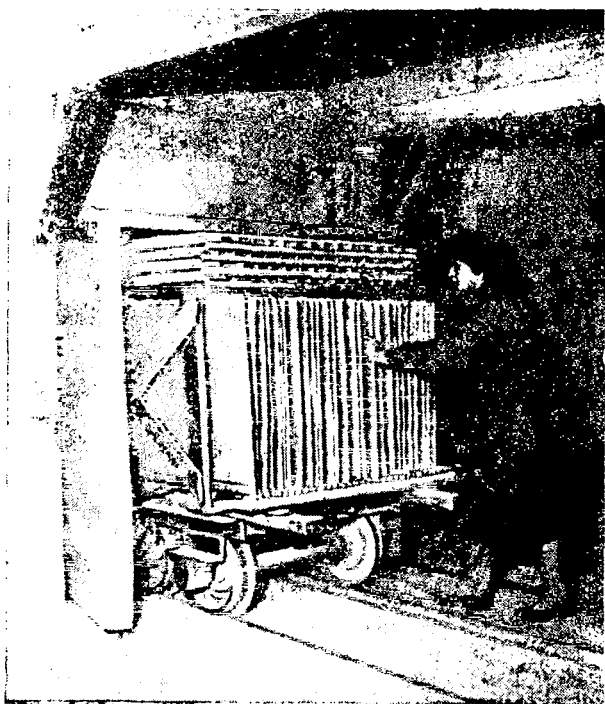


Рис. 116. Вагонетка с плитами гипсовой штукатурки (загрузка сушилки)

На заводах со сравнительно невысокой производительностью формовочных машин или при ручной формовке гипсовых деталей применяются тоннели следующих габаритов: длина 12—20 м, ширина 1,6 м, высота 1,5 м. При большей производительности завода длина сушилок достигает 35—40 м, и они объединяются по нескольку в один блок. Изделия загружаются в специальные сушильные вагонетки, изготовленные из уголкового железа (рис. 116), на которых они проделывают весь путь от одного конца тоннеля до другого. Для продвижения всего поезда вагонеток внутри сушилки применяются либо лебедочные тягачи, либо бесконечные тросы с насаженными на них крюками для зацепления вагонеток. Высушенные изделия разгружают из вагонеток и на электрокарах отправляют на склад.

Кроме тоннельных сушилок непрерывного действия, нередко применяются также камерные сушилки с вводом теплоносителя сверху в центре сушилки и отводом отработанного воздуха и водяных паров снизу с обеих сторон камеры (рис. 117).

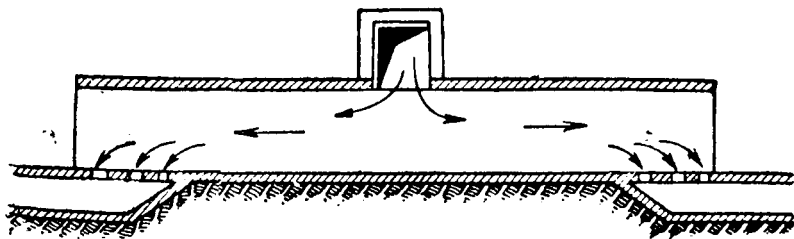


Рис. 117. Камерная сушилка

Длительность сушки изделий зависит от их веса, начальной и конечной влажности, а также температуры и влажности сушильного агента (теплоносителя). Так, срок сушки перегородочных плит длится до суток. Для экономичного ведения сушки необходимо стремиться к тому, чтобы отработанный воздух покидал сушилку с наиболее низкой температурой и наивысшей степенью насыщения водяными парами. Однако не следует превышать температуру конденсации паров, во избежание образования «паразитных зон» или зоны намокания.

### Многоярусные сушилки высокой производительности

Крупные современные заводы гипсовой сухой штукатурки оборудованы специальными многоярусными сушилками высокой производительности и экономичности. Можно с уверенностью сказать, что широкое развитие этой отрасли промышленности в США и других странах стало возможным только после того, как был решен вопрос сушки плит. Мировым монополистом производства этих сушил является фирма «United States Machinery Co».

Обычно размеры сушил такого типа колеблются в больших пределах: по ширине от 1,37 до 4,1 м, по длине от 10 до 100 м и по высоте от одного до десяти этажей.

Общий вид одной из таких сушилок показан на рис. 118. По принципу работы все они являются типичными тоннельными сушилками непрерывного действия, прямоточными или противоточными — в зависимости от расположения отопительных и вентиляционных установок и технологической схемы, принятой в каждом отдельном случае на производстве.

Каждая сушильная установка состоит из следующих основных частей:

- 1) автоматическое загрузочное устройство,
- 2) сушильный тоннель, оборудованный транспортировочными устройствами (однорядными или двурядными рольган-

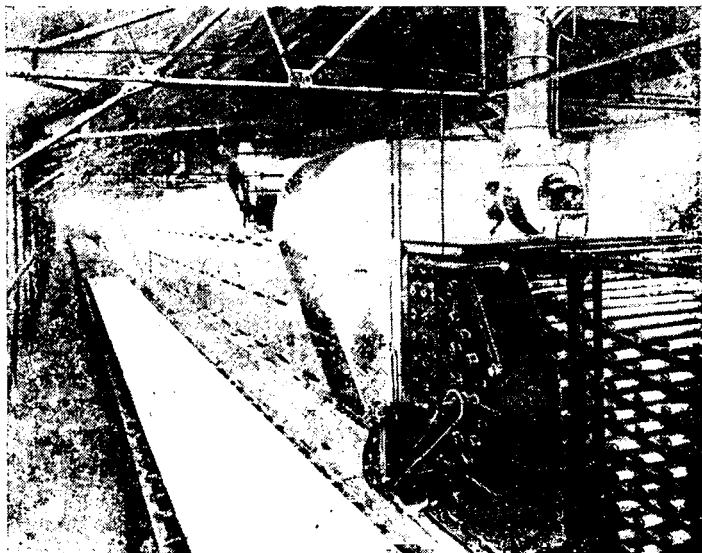


Рис. 118. Общий вид многоярусной рольганговой сушилки

гами, расположенными горизонтальными ярусами друг над другом и образующими от одного до десяти этажей,

- 3) отопительные и вентиляционные устройства,
- 4) открытая зона охлаждения,
- 5) разгрузочные приспособления.

Взаимное расположение всех этих частей показано на рис. 119. Так как описываемые сушильные установки обслуживают главным образом производство листовых материалов (сухой гипсовой штукатурки), загрузочные устройства обычно примыкают непосредственно к формовочным машинам (формовочному конвейеру). Это диктуется тем, что механическая прочность свежееотформованных изделий еще слишком незначительна, и необходимо продлить пребывание изделий в таком положении, которое исключало бы возможность их деформации.

Загрузочное приспособление (рис. 120) представляет собой ленточный транспортер, приводимый в движение от электромотора. Один конец рамы этого транспортера закреплен шарнирно у выходного конца формовочной машины, в то время как другой, подвешенный свободно на тросах, переброшенных через систему соединенных с мотором блоков, уравновешен контргрузом и может изменять свое положение по

высоте, занимая последовательно ряд промежуточных положений, соответствующих уровням рольгангов сушильного тоннеля.

Скорость, с какой опускается или поднимается питательный (загрузочный) транспортер, а также чередование и длительность остановок у рольгангов сушилки регулируются системой выключателей и автостопов, точно фиксирующих уровень и строго согласованных с работой формовочной машины, с одной стороны, и скоростью рольгангов сушилки, с другой.

Сошедшие с конвейера плиты попадают на ленту загрузочного устройства, которая передает их в определенной последовательности на тот или иной ярус рольгангов сушильного тоннеля, осуществляющих дальнейшее передвижение плит внутри сушилки.

Если высушиваемый материал, поступающий в сушилку, не подвержен деформации и способен во время сушки сохранять приданную ему первоначальную форму, то назначение рольгангов сводится лишь к простому передвижению материала через всю сушилку. В этом случае сушилки оборудуются однорядными рольгангами (один ряд в каждом ярусе). Однако чаще всего на практике приходится иметь дело с другой группой материалов, легко поддающихся деформации, в особенности в первое время сушки. В этом случае вместо однорядных рольгангов применяются двурядные. За нижним рядом сохра-

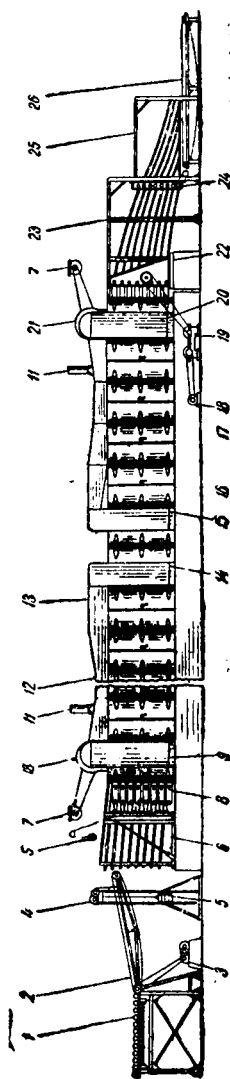


Рис. 119. Схема сушильной многоярусной рольганговой сушилки: 1—формовочный транспортер, 2—загрузочный транспортер, 3—мотор регулятора уровня загрузочного транспортера, 4—мотор загрузочной ленты, 5—конгрюз, 6—питательная секция сушилки, 7—мотор вентилятора, 8—регулятор натяжения цепи, 9—выводной коллектор влажного воздуха, 10—вентилятор влажного воздуха, 11—вытяжная труба, 12—распределительный канал, 13—нагреватели, 14—коллектор влажного воздуха, 15—коллектор сухого воздуха, 16—навесные двери, 17—дверные замки, 18—мотор привода рольгангов, 19—регулятор скорости рольганга, 20—коллектор сухого воздуха, 21—вентилятор сухого воздуха, 22—рольганги, 23—охлаждающая секция, 24—питатель разгрузочного транспортера, 25—разгрузочный, 26—транспортер для готовой продукции

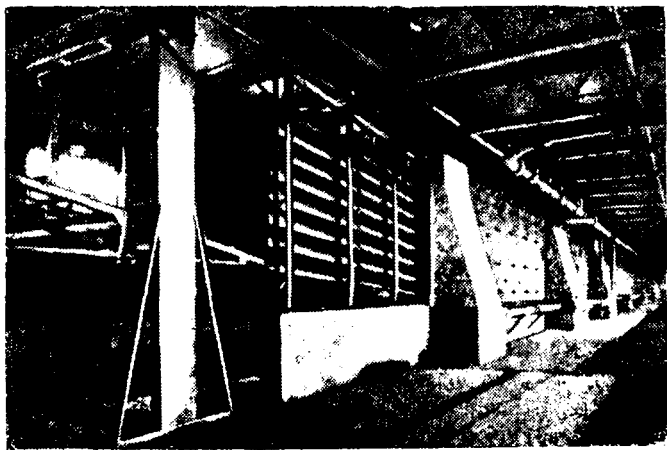


Рис. 120. Загрузочное приспособление сушил

няются его функции—поддерживать и передвигать материал от одного конца сушилки к другому, в то время как валки верхнего рольганга, действуя своим весом на высушиваемые плиты или листы, не дают им возможности коробиться.

Нижний ряд валиков рольганга приводится во вращение от мотора через звездочки при помощи бесконечной цепи. При этом не обязательно, чтобы звездочки были надеты на все валики рольганга. Обычно часть валиков вращается в силу трения о поверхность плит, увлекаемых рольгангом.

Верхний ряд прижимных валиков не имеет цепного привода, и валики вращаются при помощи зубчатого зацепления с нижними. Валики рольганга вращаются в роликовых или шариковых подшипниках, а иногда и в простых несмазываемых втулках.

Тоннель сушилки снабжен по своей длине плотно пригнанными и хорошо изолированными навесными дверьми, обеспечивающими доступ в сушилку для внутреннего осмотра или ремонта.

В качестве теплоносителя и поглотителя влаги применяют либо нагретый воздух, либо смесь воздуха с горячими продуктами сжигания топлива.

Чаще всего сушилки бывают оборудованы паровыми радиаторами, расположенными между валиками рольганга и соединенными с паропроводящей и отводящей системой. Скорость подачи пара, а также скорость прохождения воздуха в сушилках выбирают таким образом, чтобы обеспечить



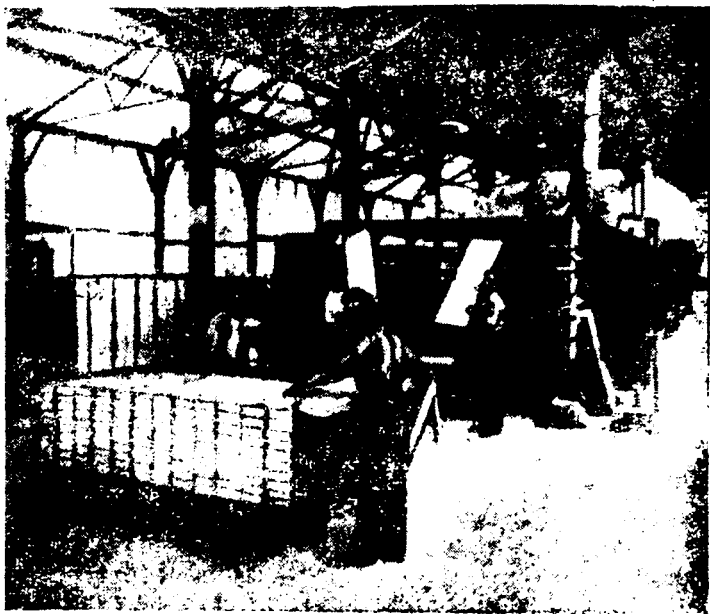


Рис. 121. Разгрузочное приспособление тоннельных многоярусных сушил

наибольшую теплопередачу от пара через стенки труб радиатора. Давление пара в системе достигает 10 атм.

Воздух нагнетается в сушилки специальными вентиляторами; проходя с определенной скоростью между радиаторами, он способствует равномерному распределению тепла по всему сечению сушил и быстрой и равномерной сушке материалов.

Кроме паровой системы отопления, применяется также нагревание воздуха в особых огневых калориферах. В качестве топлива в калориферах использует мазут, нефть, газ или каменный уголь. Каждому отдельному виду топлива соответствует и своя особая система топки. Продукты сгорания топлива, направляясь в дымовую трубу, проходят через нагревательные трубы калорифера, отдавая свое тепло воздуху, прогоняемому вентиляторами через калорифер. Нагретый воздух поступает затем через подводящую и распределительную системы каналов в сушилку.

В случае применения в качестве теплоносителя смеси воздуха с продуктами сгорания топлива вместо калориферов

непосредственно за топкой делается специальная смесительная камера, куда вместе с продуктами сгорания (дымовыми газами) поступает также и воздух; количество воздуха регулируется при помощи специальных клапанов или шиберных заслонок.

Вентиляционная система сушил состоит из нагнетательных и вытяжных вентиляторов, каналов и распределительных насадок (сопел). Мощность вентиляторов, как и сечение каналов и насадок, определяется в зависимости от количества удаляемой влаги в единицу времени и необходимого тепла и воздуха.

Разгрузочное устройство сушил состоит из ряда наклонных рольгангов (рис. 121). При этом для разгрузки не требуется затраты двигательной энергии, так как плиты под действием своей собственной тяжести спускаются по наклонным рольгангам на приемную разгрузочную площадку, откуда их отвозят на склад на специальных вагонетках или электрокарах.

Процесс сушки плит оказывает решающее влияние на качество получаемой продукции. Сушку гипса можно производить в пределах весьма ограниченных температур, так как при повышении температуры имеет место регенерация гипса, т. е. потеря двуводным гипсом (основная форма, в которой гипс находится после затворения его с водой) части своей кристаллизационной воды и переход его в полуводную форму.

Наилучшие результаты в смысле получения плит наибольшей механической прочности и плотного сцепления с армирующим картоном достигаются при высушивании их до 1—2% остаточной влажности. Определение остаточной влажности производится высушиванием образцов плит до постоянного веса в электрическом сушильном шкафу (термостате) при температуре 40—45°.

Недосушенные (влажные) плиты, как правило, хрупки и ломки и обладают пониженной механической прочностью. При пересушивании плит зачастую имеют место отставание картона от основной гипсовой массы и разрыхление последней. Такой порок в практике называют «отмолоткой».

### **ХIII. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ГИПСОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Особые условия нашего строительства, созданные Великой Отечественной войной, необходимость восстановить в максимально короткие сроки освобожденные от вражеской оккупации территории, требуют от нас максимального использования всех возможностей нашей промышленности и науки.

пации районы, наряду с большим объемом строительства и в других районах, диктуют необходимость коренной перестройки организационно-технических методов ведения строительства с упором на применение местных строительных материалов. Одновременно нужно по возможности высвободить из массового жилищного строительства такие материалы, как кирпич, цемент, металл, лес для более ответственных участков строительства. Наконец, нужно призвать к жизни те огромные неиспользованные запасы полезных ископаемых, которыми так богаты недра нашей страны.

И недаром за последние два-три года в широких кругах строителей так сильно возрос интерес к гипсу, сырьем для которого является одно из наиболее распространенных нерудных ископаемых. В сравнительно короткий срок в разных областях страны различными ведомствами и организациями созданы гипсовые предприятия и мастерские по производству гипсовых строительных материалов и деталей.

Имея относительно малый объемный вес и соответственно низкий коэффициент теплопроводности, гипсовые детали обладают в то же время достаточной прочностью, дающей возможность применять их для всевозможных целей; однако именно этот огромный интерес к гипсу необходимо направить для достижения наибольшей эффективности по правильному пути.

В настоящее время создается реальная угроза того, что развитие сырьевых баз будет отставать от строительства гипсовых предприятий, в силу чего последние могут остаться без сырья (гипсового камня).

Серьезность этой опасности должна быть учтена, тем более, что еще до войны добыча гипсового камня лимитировала гипсовую промышленность и не давала ей возможности развернуться в пределах полной мощности.

Следующий вопрос — о направлении расходования гипса по видам изделий. Решение его хотя бы в самых основных чертах совершенно необходимо, так как по сути дела оно определяет дальнейшие пути развития нашей отечественной гипсовой промышленности и придает ей определенный профиль. Если до войны гипсовые вяжущие в основном потреблялись только в качестве материала для штукатурных работ, выполняемых «мокрым» способом, то заводы ограничивали свое производство выпуском одного порошкообразного гипса.

Не говоря уже о том, что применение «мокрых» процессов на стройках связано с необходимостью дополнительной сушки зданий, самое их выполнение связано с малой продуктивностью труда и требует известной квалификации работ-

ников. В условиях массового строительства и то и другое вызывает значительные затруднения. Отсюда вытекает необходимость в максимальном выпуске готовых строительных материалов и деталей в промышленных условиях и превращении строек в объекты для их сборки и монтажа.

Из всего многообразия типов и видов гипсовых изделий наибольшее значение повсеместно будут иметь гипсовая сухая штукатурка, перегородочные плиты и конструктивные элементы для выполнения полов и потолков, не требующие дополнительных отделочных работ. Гипсовая сухая штукатурка найдет свое место в первую очередь только в крупных центрах страны. Более широкое ее распространение будет зависеть еще от того, сколько времени потребуется нашей бумажной промышленности для освоения выпуска специальных сортов картона, идущих для ее производства.

Применение стеновых блоков будет иметь смысл в тех случаях, когда гипс является местным материалом; доставка для них гипса на далекие расстояния вряд ли будет целесообразна.

Что касается дислокации промышленности, то следует децентрализовать предприятия для приближения их к местам применения.

Обширная сеть месторождений гипса, имеющих промышленное значение, позволяет осуществить этот принцип дислокации и сделать гипс буквально «местным» материалом для многих и многих районов.

Одновременно с этим необходимо организовать и крупные производственные предприятия, оснащенные передовой техникой, при месторождениях, имеющих общесоюзное или республиканское значение.

Что касается типов оборудования для производства обычного гипса, то для предприятий средней и малой мощности таковыми должны оставаться варочные котлы.

На крупных предприятиях следует устанавливать варочные большеемкостные котлы высокой производительности и аппараты для обжига гипса во взвешенном состоянии. Для устранения зависимости от времени года и состояния погоды необходимо предусмотреть на предприятиях предварительную подсушку гипсового камня. На больших заводах ее можно осуществлять совместным помолом и сушкой камня на специальных помольных агрегатах. Во всех случаях для повышения качества готовой продукции следует вводить горячее магазинирование, т. е. выдерживание горячего гипса после варки в специальных бункерах или приямках.

Особо должен быть поставлен вопрос о высокопрочном



## ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

### I. Отдельные издания

1. Будников П. П., акад., Гипс, его производство и применение. Стройиздат Наркомстроя, 1943.
2. Шох К., проф., Строительные вяжущие вещества, ч. I. ОНТИ—Госстройиздат, 1934.
3. Юнг В. Н., Введение в технологию цемента, ч. I. Госстройиздат, 1938.
4. Волженский А. В., доц., Эстрихгипс и его применение для устройства полов. Оборонгиз, 1943.
5. Козлов Б. А., Обжиг вяжущих материалов во взвешенном состоянии. ОНТИ, 1936.
6. Копелянский Г. Д., Новые строительные материалы. Стройиздат Наркомстроя, 1943.
7. Шкляр А. С., Высокопрочный гипс. Стройиздат Наркомстроя, 1943.
8. Черкасов И. В., Обжигальщик алебаstra. ОНТИ, 1936.
9. Борок В. М. и Шехонин С. Н., Сухая штукатурка и ее применение. Укргизместпром, 1939.
10. Басов М. А., доц., Сухая штукатурка. Стройиздат Наркомстроя, 1939.
11. Жилищное строительство из демпферного гипса. Гипроавиапром НКАП СССР, 1944.
12. Сорочкин М. А., Сухая штукатурка и оштукатуренные шиты. Стройиздат Наркомстроя, 1940.
13. Егоров И. И., Герливанов Н. А. и Шубенкин П. Ф., под ред. проф. Б. Г. Скрамтаева. Руководство к лабораторным занятиям по технологии материалов.
14. Канторович З. Б., Машины и аппараты силикатной промышленности. ОНТИ—Госмашинетиздат, 1934.
15. Булавин И. А., Оборудование фарфоровых и фаянсовых заводов. Гизлегпром, 1936.
16. Сапожников М. Я., Аппараты и машины для производства стройматериалов. НКМП РСФСР, 1938.
17. Зверев И. Д. и Смирнов А. И., Эксплоатация и ремонт мельниц «Резольютор». ОНТИ, 1935.

## Н. Журнальные статьи

18. Будников П. П., акад., Гипсовая промышленность США. Журн. «Американская техника и промышленность», апрель 1931.
19. Печуро С. С. и Резак В. П., Применение и производство гипсовых строительных деталей. Журн. «Американская техника и промышленность», № 5, 1941.
20. Печуро С. С., Производство сухой гипсовой штукатурки. Журн. «Американская техника и промышленность», № 6, 1941.
21. Печуро С. С., Современные сушильные установки в промышленности строительных материалов. Журн. «Американская техника и промышленность», № 4, 1941.
22. Передерий И. А., Высокопрочный гипс ГП. Журн. «Строительные материалы», № 3, 1940.
23. Волженский А. и Кардонская Р., Автоклавный гипс. Журн. «Строительные материалы», № 5, 1934.
24. Шох и Коннингхэм, Производство высокопрочного гипса для безбумажной сухой штукатурки путем варки двуводного гипса в растворе сернокислого магния. Журн. «Rock products», апрель 1942.
25. Андерег Ф., Гипсовые дома. Журн. «Rock products», октябрь, 1940.
26. Новый гипсовый завод в Саванне Национальной гипсовой компании США. Журн. «Pit and Quarry», август 1939.
27. Гидравлический гипс. Журн. «Rock products», июль 1938.

## III. Работы научно-исследовательских организаций и институтов

28. Панютин А. Г., проф., Сухая штукатурка. «Труды Горьковского инженерно-строительного института им. Н. И. Пахомова», вып. 2, 1934.
29. Рандель В. и Дейлей М. С., Обожженный гипс большой прочности и процесс его изготовления. Патент. Чикаго, 1933.
30. Отчет по теме «Изучение режима сушки и получения легких плит гипсовой сухой штукатурки». Научно-исследовательская и экспериментальная станция Управления промышленности стройматериалов и деталей Мосгорисполкома.
31. Отчет по теме «Улучшение качества сухой штукатурки». Центральная лаборатория треста отделочных материалов Моссовета.
32. Стенограмма технического совещания при Управлении промышленности стройматериалов и стройдеталей Мосгорисполкома, 1944.

## IV. Инструкции и другие материалы

33. «Временная инструкция по изготовлению и применению гипсовых и гипсобетонных мелких стеновых блоков системы Булычева». Стройиздат Наркомстроя, 1941.
  34. «Инструкция по введению в бетон тонкомолотых добавок». Стройиздат Наркомстроя, 1944.
  35. Стандарты и временные технические условия.
-

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

	<i>Стр.</i>
Предисловие . . . . .	4
I. Вводная часть . . . . .	6
II. Характеристика сырья . . . . .	10
III. Условия дегидратации гипса . . . . .	16
IV. Гидратация полуводного гипса . . . . .	21
V. Гипсовые вяжущие материалы . . . . .	—
Низкообжиговые вяжущие . . . . .	—
Строительный (или штукатурный) гипс—алебастр . . . . .	—
Формовочный (или скульптурный) гипс . . . . .	22
Специальные высокообжиговые и высокопрочные материалы . . . . .	23
Эстрих-гипс, или «гидравлический гипс» . . . . .	—
Ангидрит цемент акад. Будникова . . . . .	24
Специальные гипсовые цементы . . . . .	25
Высокопрочные гипсовые вяжущие . . . . .	—
VI. Принципиальные технологические схемы производства гипсовых вяжущих . . . . .	27
VII. Оборудование для производства гипсовых вяжущих . . . . .	28
Дробильная аппаратура . . . . .	—
Щековые (или челюстные) камнедробилки . . . . .	—
Молотковые дробилки . . . . .	30
Валковые дробилки . . . . .	32
Конусные дробилки . . . . .	33
Помольная аппаратура . . . . .	34
Бегуны . . . . .	35
Мельничные поставы . . . . .	36
Дезинтеграторы . . . . .	37
Шаровые и стержневые мельницы . . . . .	40
Маятниковые и быстроходные шаровые мельницы . . . . .	43
Аппаратура для просеивания материалов . . . . .	46
Вращающиеся сита . . . . .	48
Вибрационные сита . . . . .	49
Воздушные сепараторы . . . . .	52
VIII. Аппаратура для тепловой обработки гипса . . . . .	56
Аппараты, работающие без давления . . . . .	57
Напольные печи . . . . .	—
Камерные печи . . . . .	58



	Стр.
Шахтные печи . . . . .	60
Варочные котлы . . . . .	64
Вращающиеся печи . . . . .	68
Обжиг гипса во взвешенном состоянии . . . . .	76
Установки, работающие под давлением . . . . .	78
Производство высокопрочного гипса демпферным способом . . . . .	79
Производство высокопрочного гипса по методу самозапарки . . . . .	89
Процесс получения гипса путем варки в жидких средах . . . . .	92
<b>IX. Сопоставление технико-экономических показателей различных схем производства гипса . . . . .</b>	<b>94</b>
<b>Х. Испытание гипсовых вяжущих . . . . .</b>	<b>95</b>
Определение объемного веса . . . . .	95
Определение удельного веса . . . . .	96
Испытание тонкости помола . . . . .	96
Определение нормальной густоты гипсового теста . . . . .	97
Определение времени текучести и схватывания гипса . . . . .	99
Определение временного сопротивления растяжению и сжатию . . . . .	100
<b>XI. Обзор гипсовых строительных материалов и деталей . . . . .</b>	<b>102</b>
Стеновые детали . . . . .	102
Характеристика стеновых блсков . . . . .	105
Конструктивные элементы . . . . .	111
Отделочные материалы . . . . .	119
Гипсовая сухая штукатурка . . . . .	—
Архитектурно-декоративные детали . . . . .	122
Плиты для звукоизоляции . . . . .	123
<b>XII. Производство гипсовых строительных деталей и оборудование предприятий . . . . .</b>	<b>125</b>
Производство гипсовой сухой штукатурки . . . . .	—
Производство гипсовой штукатурки на ручных формовочных станках . . . . .	127
Механизированное производство плит сухой гипсовой штукатурки . . . . .	132
Производство гипсовой штукатурки на машинах непрерывного действия . . . . .	137
Формовка стеновых и перегородочных плит . . . . .	142
Формовочные машины для производства гипсовых перегородочных плит . . . . .	144
Мешалки для приготовления гипсового раствора . . . . .	152
Сушка гипсовых изделий . . . . .	153
Многоярусные сушилки высокой производительности . . . . .	155
<b>XIII. Перспективы дальнейшего развития гипсовой промышленности . . . . .</b>	<b>160</b>
Перечень литературы . . . . .	164

Ответственный редактор *В. А. Виноград*  
Технический редактор *Н. А. Кирсанова*

Сдано в производство 19/I 1945 г.  
Подписано к печати 19/VI 1945 г. Формат  
 $60 \times 92 \frac{1}{16}$ . Объем 10,5 п. л. Уч.-изд.  
12,5 л. Тираж 5000 экз.

Л88108 Зак. 2173  
Типография ВПШ, Москва, ул. Чехова, 6

---

Отпечатано с набора в типографии  
Упр. Дел. СНК СССР. Зак. 1474

п. 53 г.

56

**Цена 18 руб.**