69
В-12

Н. П. Ваганов

Заводская аппаратура промышленности строительных материалов

ОНТИ • ЖКТП • 1937

НБ УДУНТ (ДИТ)

Н. П. ВАГАНОВ

Aparatele uzinelor industriale pentru materiale de construcț

ЗАВОДСКАЯ АППАРАТУРА ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ч. I

Утверждено ГУУЗ НКТП СССР
в качестве учебного пособия для втузов

18557
Одеський Залізничний
Інженерно Технічна
БІБЛІОТЕКА
Інженерно Будівельної Техніки
+ 18044

Цена 4 р. 75 к., пер. 1 р. 50 к.

ОНТИ НКТП СССР
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ЛЕНИНГРАД 1937 МОСКВА

НБ УДУНТ (ДІІТ)

С-10-5-2

Рецензенты;
Проф. *З. Б. Канторович*
Доц. *Г. А. Рудин*

АННОТАЦИЯ

Предлагаемая книга доцента Ленинградского Краснознаменного Химико-технологического института Н. П. Ваганова является 1-й частью общего курса заводской аппаратуры промышленности строительных материалов.

В книге даются подробные сведения о конструкции и технологическом расчете оборудования по добыче сырья, транспортных устройств, сортировочных, измельчающих, смешивающих и формовочных аппаратов.

Книга предназначается в качестве учебного пособия для студентов химико-технологических втузов, а также в качестве руководства для инженеров, работающих в области промышленности строительных материалов.



НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

Условные обозначения

A	— ежегодные амортизационные отчисления на капитал K в %, т. е. $\frac{A \cdot K}{100}$ — сумма ежегодных отчислений	Руб.
a	— расстояние между рабочими органами	*м*
B	— ширина аппарата	»
b	— ширина слоя материала, загрузочного отверстия	»
C_0	— стоимость перемещения 1 *т* груза вручную . . .	Руб.
C_1	— стоимость механического перемещения 1 *т* груза	»
C	— коэфициент . .	
c	— толщина сырца	*м/шт*
D	— диаметр шнека, вальцов, катка, барабанов сита, мельницы, поршня	*м*
D_1	— диаметр зерна, кусков материала, поступающего в аппарат . . .	»
d	— диаметр вала, плунжера, малого поршня, тарелки сепаратора, всасывающей трубы	»
d_1	— диаметр зерна, кусков материала, выходящего из аппарата, диаметр кривошипного механизма (r_1)	»
d_2	— диаметр цапф вала в подшипниках осевого барабана (r_2)	»
E	— модуль упругости	*кг/см²*
E_0	— сила трения у большого поршня	*кг*
e_0	— сила трения у малого поршня .	»
e	— ширина разгрузочного отверстия	*м*
$2e$	— расстояние между вальцами	»
F	— площадь поперечного сечения материала, мельницы	*м²*
F_0	— сечение большого поршня	*см²*
F_1	— площадь изделия	»
f	— коэфициент трения	
f_0	— коэфициент трения роликов в подшипниках	
f_1	— коэфициент трения первого рода; прогиб вала в сантиметрах	
f_2	— коэфициент трения второго рода .	
G	— вес единицы груза или материала . . .	*т*
G_0	— нагрузка материала на 1 *пог. м* длины сита	»
G_i	— вес движущихся масс	»
g	— ускорение силы тяжести	. *см/сек²*
H	— высота аппарата, пасти . . .	*м*
H_0	— высота манжеты большого поршня	*см*
H_0	— полная высота подъема жидкости	*м*
H_1	— высота подъема жидкости	»
H_2	— глубина погружения насоса	»
h	— высота слоя материала . . .	»
h_0	— высота манжеты малого поршня	*см*
i	— емкость рабочего органа . .	*м³*
j	— ускорение центробежной силы	*см/сек²*
K	— капитальные затраты на устройство транспортного аппарата (аппарат, фундамент и монтаж)	Руб.
k	— коэфициент трения качения бандажей барабана по роликам	
L	— длина аппарата	*м*
l	— длина звена ковшевой цепи	»
m	— число звеньев, ковшей, форм, гнезд, мундштуков	шт.
m_1	— число двойных ходов плунжера, челюсти, винта, поршня в минуту	
m_2	— число замесов в час	
N	— мощность двигателя . . .	*лс*
N_1	— мощность двигателя на валу	»

НБ УДУНТ (ДІІТ)

n	— число оборотов в минуту вала, барабана	.
n_1	— число черпаний	.ковш/мин
n_2	— число отформованных сырцов за удар штемпеля .	
n_3	— число рабочих ходов винта или поршня в минуту	
P	— давление жидкости, воздуха	ат
P_1	— давление, оказываемое поршнем на массу	кг/см²
P_0	— давление, развиваемое большим поршнем	»
p_0	— давление, развиваемое малым поршнем	»
Q	— производительность аппарата	т/час
Q_1	— производительность аппарата	. шт/час
Q_0	— производительность аппарата	т/год
q_0	— производительность рабочего в единицу времени (в год)	
s	— ход винта, шнека, плунжера, челюсти	м
S_0	— стоимость рабочей силы в единицу времени (один год) (заработная плата плюс все накладные расходы)	Руб.
S_1	— стоимость рабочей силы в единицу времени (один год)	»
S_2	— стоимость энергии, затрачиваемой в течение года на приведение аппарата в движение	
S_3	— стоимость смазочных и вспомогательных материалов, затрачиваемых в течение года на аппарат . . .	»
U	— ежегодный ремонт транспортного аппарата в %, тогда $\frac{U \cdot K}{100}$ — стоимость ремонта . . .	»
V	— производительность аппарата	м³/час
v	— линейная скорость . . .	м/сек
v_1	— скорость струи воздуха	см/сек
α	— угол наклона	°
β	— коэфициент выхода материала	
γ	— объемный (насыпной) вес .	т/м³
δ	— удельный вес. . .	
Δ	— плотность воздуха . . .	
Δ_1	— коэфициент уплотнения массы	
η	— коэфициент использования аппарата; коэфициент полезного действия привода	
η_1	— коэфициент полезного действия поршня на изделие	
$\eta_ч$	— коэфициент черпания	
μ	— коэфициент разрыхления материала	
ϱ_1	— эксцентриситет	м
σ	— временное сопротивление сжатию	кг/см²
Σ	— степень измельчения	
φ	— угол трения . . .	
ψ	— коэфициент наполнения	
ω	— угловая скорость	. рад/мин

НБ УДУНТ (ДІТ)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий труд в основном представляет собою часть курса заводской аппаратуры промышленности строительных материалов, читанного в Ленинградском химико-технологическом институте им. Ленсовета и во Всесоюзном учебном комбинате промкооперации им. т. Молотова.

Крайняя ограниченность, а иногда и полное отсутствие данных в литературе как русской, так и иностранной (например, данные о смешивании, о прессовании и др.), чрезвычайно затрудняли работу по составлению руководства.

Кроме того, необходимо было сосредоточить в одном учебнике вопросы, связанные с описанием оборудования для добычи сырья, транспорта и др., разбросанные в большом количестве различных трудов, имеющих специальное назначение.

Промышленность строительных материалов отличается как чрезвычайным многообразием самих производств (вяжущие вещества, огнеупорные, стекольные и тому подобные изделия и пр.), так и различием процессов или операций, которые имеют место в этих производствах. Так, например, во всех производствах этой отрасли промышленности, наряду с химическими процессами, огромное значение имеют чисто механические операции (измельчение, сортирование, смешивание, формование и т. п.), являющиеся подготовительными для дальнейшего технологического процесса приготовления материалов.

Описанию и технологическому расчету аппаратов, служащих для этих механических операций, и посвящен курс «Заводская аппаратура промышленности строительных материалов», состоящий из двух частей.

В настоящей — первой — части курса дана характеристика основных агрегатов, осуществляющих процессы, общие для промышленности строительных материалов, как например: внутризаводский механический транспорт, сортировка, измельчение, смешивание, формование и т. д., а во второй части предположено дать специальную аппаратуру: аппараты для сушки и обжига (механическая часть), аппараты для насыпки, обеспыливающие устройства, аппараты для фильтрования и т. д.

Обе части рассчитаны как основное руководство для студентов химико-технологических втузов и для факультета строительных материалов Всесоюзного учебного комбината промкооперации имени т. Молотова.

При составлении книги была сделана попытка систематического исследования таких процессов, как смешивание или формование массы и составление классификации аппаратов. Чем меньше разработана теория какого-либо процесса, тем разнообразнее и многочисленнее применяемые для него типы аппаратов. И обратно, для процессов, которые теоретически частично исследованы и по которым имеется возможность заранее рассчитать производительность аппаратуры, употребляемые типы аппаратов обыкновенно немногочисленны.

НТБ УДУНТ (ДІТ)

Особое внимание было обращено на техническую терминологию аппаратов, которой, к сожалению, весьма часто придают мало значения, в результате чего в техническую литературу проникают сплошь и рядом неточные, а иногда и неверные наименования, как, например, дробилки щечные, гирационные, фалевки; прессы ящичные; фрикционные; мельницы шаровые и трубчатые и т. п. Было также обращено внимание на существующую неясность в понятиях о расходе мощности, потребной мощности, расходе энергии, об удельных и объемных весах, из-за чего не только учащиеся втузов, но и многие производственники не всегда выражают эти понятия в правильных единицах.

Приведенные в курсе выводы и формулы сопровождаются соответствующими примерами, чем учащемуся предоставляется возможность более детально разобраться в рассматриваемом вопросе.

В части получения автором различных архивных материалов (пояснительные записки, чертежи, схемы и др.) большая помощь была оказана руководителями и техническими работниками Института огнеупоров, Цемпроекта, Стеклофарфорпроекта и ЦНИГРИ в Ленинграде.

Автор.

НБ УДУНТ (ДІТ)

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОБЫЧИ СЫРЬЯ

§ 1. Понятие о буровой карте, способах разработки месторождений и классификации грунтов

До начала работ, связанных со вскрытием всякого месторождения, необходимо предварительно изучить все особенности его, и в первую очередь условия залегания сырья в толще пород и качественную характеристику такового. Подобное изучение позволит в будущем избежать многих ошибок, которые очень часто допускаются при поверхностном ознакомлении с месторождением сырья.

В огнеупорной, цементной и других промышленностях геологические изыскания должны быть еще более усилены, так как сырье, применяющееся в этих промышленностях, очень часто бывает весьма различным по своему составу. А так как качество и количество сырья обусловливают типы будущих установок как для добычи его, так и для переработки его на заводах, то об этих данных необходимо иметь совершенно ясное представление.

Наиболее распространенным способом, служащим для определения качественной и количественной характеристики сырья, является способ бурения пластов месторождений (этим же способом устанавливается и геологическое строение породы). Результаты бурения породы обыкновенно заносятся на буровую карту, как это изображено на рис. 1. Согласно рисунку, подлежащие изысканию залежи разделяются на квадраты, обычно по 50—100 *м* в стороне, а в местах пересечения линий закладываются скважины.

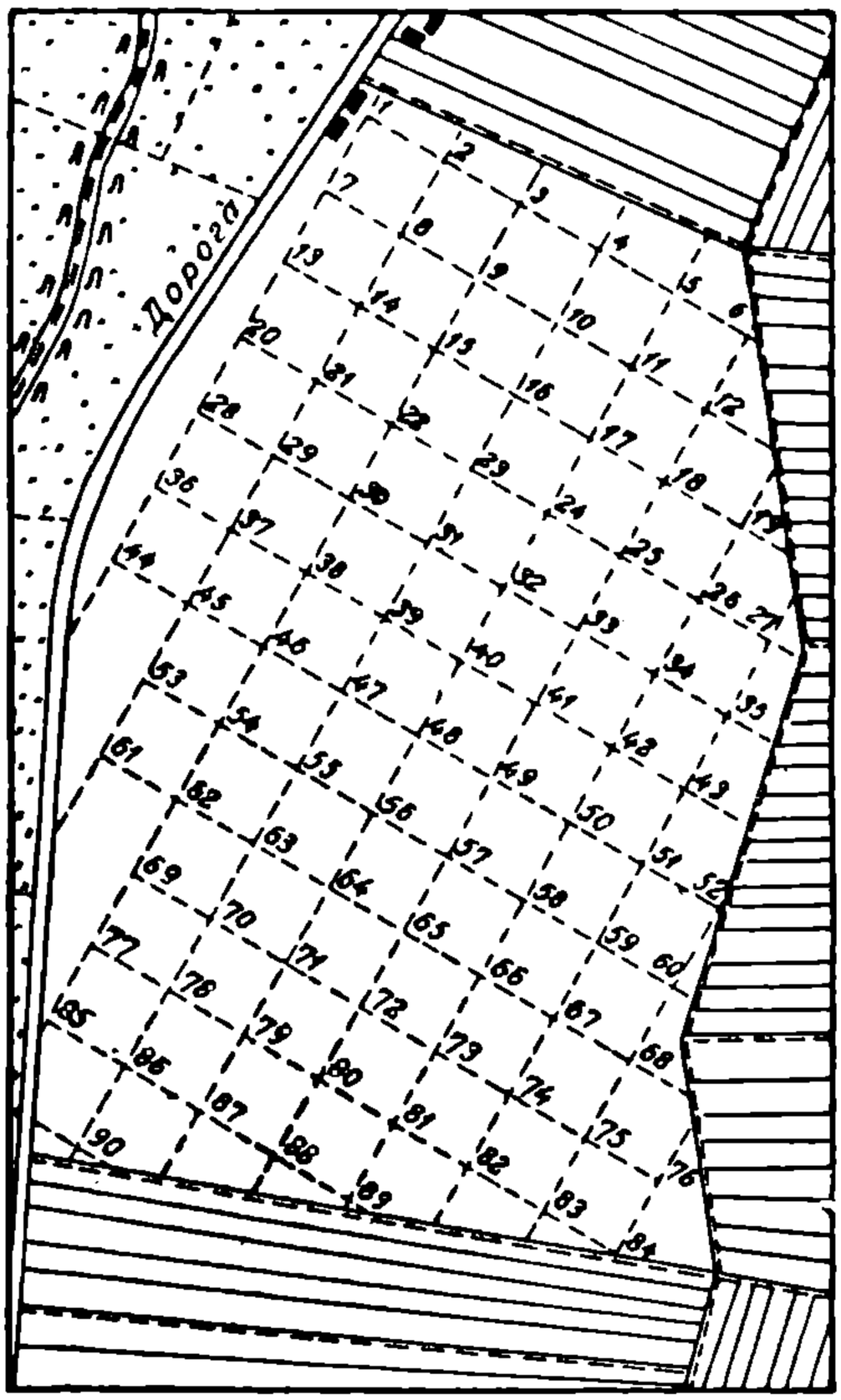


Рис. 1. Буровая карта.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Результаты бурения занумеровываются и заносятся в журнал. Для суждения о залегании сырья по высоте и о расположении слоев породы служат продольный и поперечный разрезы месторождения, нанесенные по буровым скважинам *90—4* и *44—52* и изображенные соответственно на рис. 2 и 3.

На основании записей в журнале производится количественный подсчет запасов сырья. Для определения качества сырья отобранные из сква-

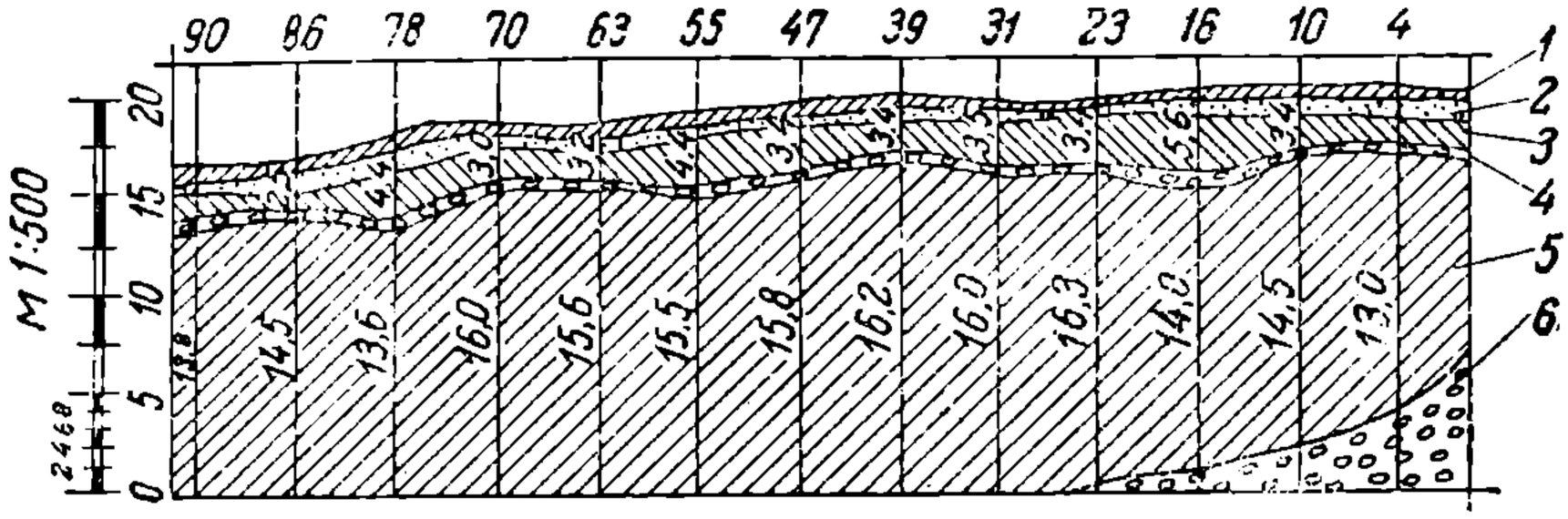


Рис. 2. Продольный профиль слоев породы.

1—земля, *2*—песок, *3*—глина, *4*—гравий, *5*—огнеупорная глина, *6*—валуны.

жин образцы пронумеровываются, и один комплект их отсылается в соответствующую лабораторию, где производится их изучение, а другой комплект сохраняется на случай контрольной проверки.

Различают два способа разработки месторождений сырья:

1) надземный, обычно называемый открытым, при котором разработка месторождения ведется непосредственно на обнаженной поверхности земли;

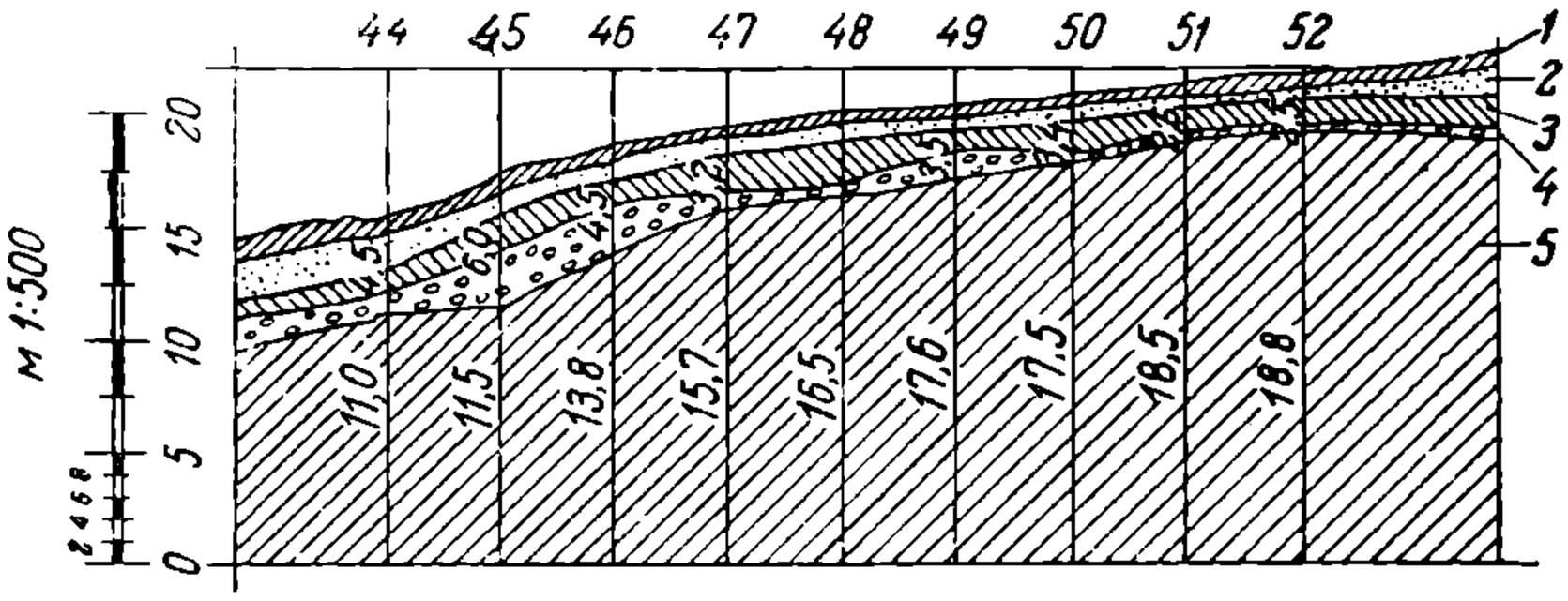


Рис. 3. Поперечный профиль слоев породы.

1—земля, *2*—песок, *3*—глина, *4*—гравий, *5*—огнеупорная глина.

2) подземный, характеризующийся тем, что работы производятся под неудаленной частью земли.

Из основных преимуществ первого способа по сравнению со вторым нужно отметить следующее:

а) открытые работы обеспечивают возможность наиболее полного извлечения сырья из недр земли, а также удобство в сортировке сырья;

б) открытые работы характеризуются организацией лучших условий безопасности, санитарии и промышленной гигиены, без учета, конечно,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

неблагоприятных обстоятельств, связанных с местными климатическими условиями.

Выбор одного из способов разработки того или иного месторождения находится в зависимости от рельефа поверхности участка, предназначенного для разработки, от размеров площади, от формы самого месторождения сырья и от свойств последнего.

Месторождение, в котором производится процесс добычи сырья наземным способом, в большинстве случаев называется карьером, а при подземных разработках место добычи сырья носит общее название рудника. Сырье для промышленности строительных материалов добывается в большинстве случаев открытым способом разработки.

Если расположение залежей сырья рассматривать по отношению к так называемому нормальному уровню поверхности земли, то можно различать следующие типы карьеров по их расположению относительно горизонта:

1) на горизонте нормального уровня земли;

2) выше горизонта нормального уровня земной поверхности, с добычей сырья на склонах возвышенности различной формы;

3) ниже горизонта нормального уровня земной поверхности, с добычей сырья из глубины месторождения.

Извлекаемое из карьеров сырье относится к породам, слагаемым из грунтов различной крепости, которые могут быть подразделены на три основных категории: рыхлая, связно-глинистая и обломочная (скальная).

Для характеристики грунтов нами приводится проект классификации их для механизированной (экскаваторной) разработки, предложенный инж. Е. Поспеловым (см. табл. 1).

§ 2. Способы добычи сырья и его вскрыши

Добыче сырья предшествуют так называемые вскрышные работы, заключающиеся в удалении наносных слоев, покрывающих полезную породу.

Все существующие способы добычи сырья и вскрыши могут быть подразделены на две основных группы:

1) добыча посредством подрывных работ;

2) добыча помощью механизмов.

1. Добыча сырья посредством подрывных работ

К числу наиболее распространенных способов добычи крепких пород относится способ подрывных работ. Для нарушения прочной связи между частицами породы и превращения ее в разрыхленную массу применяют различного состава взрывчатые вещества. Во всяком взрывчатом веществе содержится горючий материал, способность которого к мгновенному сгоранию вызывает взрыв, так как в очень короткий срок происходит переход вещества из твердого состояния в газообразное, сопровождающийся образованием огромного количества продуктов горения.

Ограниченное пространство соответствующей скважины, в которую закладывается взрывчатое вещество, не в состоянии вместить образующиеся при взрыве газообразные продукты, и последние, преодолевая силы сцепления между частицами породы, разрушают их. Самый взрыв производится при помощи непосредственного воспламенения искрой или удара-

НВ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 1

Проект классификации грунтов для механизированной (экскаваторной) разработки

Категория грунтов	Первая		Вторая		Третья	
Название категории	Рыхлая		Связно-глинистая		Обломочная (скальная)	
Коэфициент трудности разработки	1,0/1,0	коэфициент наполнения ковша	1,20/0,83	коэфициент наполнения ковша	1,40/0,71	коэфициент наполнения ковша
Степень влажности	Сухие (с гигроскопической влагой)					
Грунты, входящие в соответствующую категорию	1. Растительные .	1,0	1. Торфяно-болотные (с корневой системой)	1,0	1. Скальные	0,65
	2. Песчаные .	0,80	2. Суглинки .	1,0	2. Булыжник .	0,70
	3. Супесчаные .	0,90	3. Легкие глины и лёсс	1,0	3. Слабо связанные брекчии и конгломераты . .	0,80
	4. Гравелистые (рыхлые) . .	0,85	4. Галечники и щебни, слабосвязанные глиной или суглинками	1,0	4. Твердые лёссовые глины и лёссы	0,85
	5. Хрящеватые (рыхлые) . . .	0,90	5. Растительные с крепкой корневой системой . .	1,0	5. Глина и суглинки с крепкой корневой системой .	0,95

НБ УДУНТ (ДИТ)

Степень влажности	Естественная влажность (капиллярная влага)					
Грунты, входящие в соответствующую категорию	1. Растительные .	1,05	1. Торфяно-болотные с корневой системой .	1,05	1. Скальные	0,65
	2. Песчаные .	0,95	2. Глинистые . (С корневой системой)	1,10	2. Булыжные	0,70
	3. Супесчаные	1,00	3. Суглинистые (С корневой системой)		3. Твердые, ломовые глины	0,80
	4. Гравелистые	0,80	4. Лёссовые . . (С корневой системой)		4. Шох (среднеазиатский грунт) .	0,80
	5. Хрящеватые	0,90	5. Растительные (С корневой системой)			
	6. Суглинистые . .	1,10	6. Галечники и щебни, связанные глиной и суглинками .			
	7. Лёссовые	1,10				
	8. Глинистые .	1,05				

Степень влажности	Насыщенные водой или близкие к насыщению (с гравитационной водой)					
Грунты, входящие в соответствующую категорию	1. Растительные	0,8 —0,7	1. Глинистые . (С крепкой корневой системой)	0,9—0,8	1. Скальные .	0,65
	2. Песчаные	0,5 —0,55	2. Суглинистые . (С крепкой корневой системой)		2. Булыжник .	0,7
	3. Супесчаные	0,7 —0,55	3. Лёссовые . (С крепкой корневой системой)		3. Шох . .	0,8
	4. Суглинистые .	0,85—0,75	4. Тяжелые, ломовые глины	0,8—0,7		
	5. Гравелистые	0,8 —0,7				
	6. Хрящеватые .	0,85—0,75				
	7. Лёссовые	0,90—0,80				
	8. Галечные и щебенистые (связанные глиной или суглинком)	0,9 —0,80				
	9. Торфяно-болотные с корневой системой	0,95—0,80				

НБ УДУНТ (ДІІТ)

толчка, вызывающего мгновенное самовоспламенение. Сила действия взрывчатого вещества зависит от объема и температуры газов, выделившихся в момент взрыва.

Перед производством подрывных работ необходимо соответствующим образом подготовить ту часть карьера—забой, где будет производиться взрыв.

Для закладки взрывчатого вещества на участке (см. рис. 4, обозначения *1* и *2*) пробуравливают различного диаметра и глубины скважины круглого сечения, называемые шпурами, в которые помещается заряд.

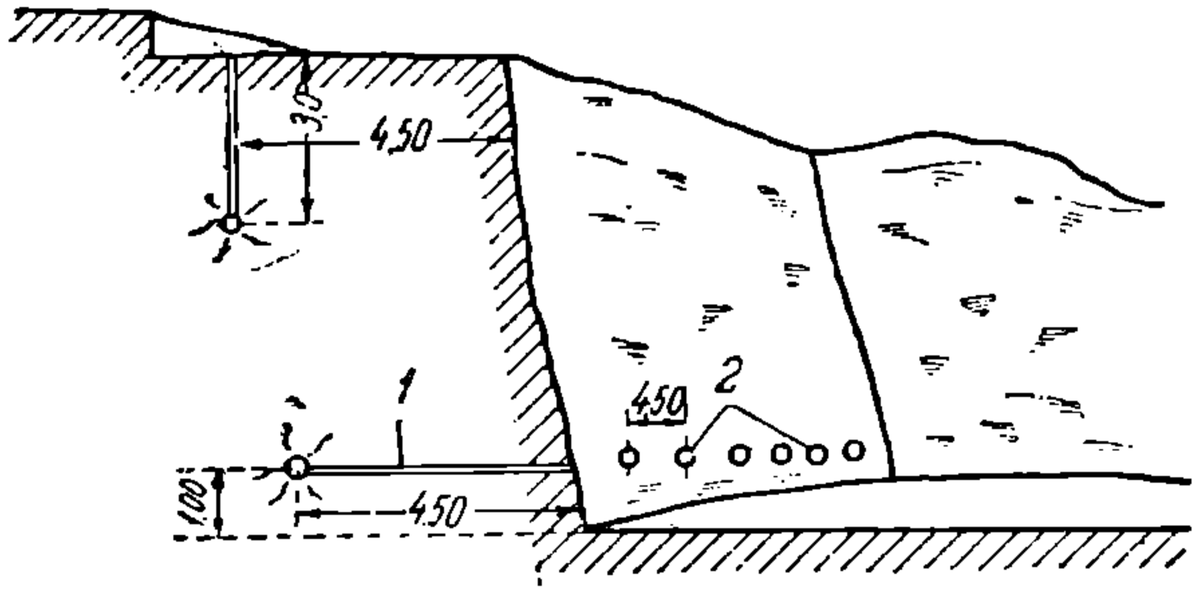


Рис. 4. Вид забоя в карьере, правильно подготовленного к подрывным работам.

Буровые работы по способам бурения разделяются на ударные и вращательные. Последний способ имеет большое распространение при разведочных работах, и на нем мы останавливаться не будем. Не будем также рассматривать и случаи ручного способа бурения, как вытесненные механическими способами.

При ударном бурении скважин различают два основных способа:
а) молоточный (или перфораторный) и
б) канатный.

По роду привода в действие этих приспособлений их подразделяют на пневматические (действующие сжатым воздухом), паровые, газовые и электрические (см. «Оборудование»).

2. Добыча сырья помощью механизмов

С увеличением количества добычи сырьевых материалов необходимо введение новых методов их добычи, более целесообразных и экономически более выгодных.

Так, для заводов небольшой производительности в огнеупорной, кирпичной промышленности с успехом могут быть применены механические лопаты. При добыче сырья в больших количествах применяют экскаваторы, машину системы Сухно, скреперы.

За последнее время для вскрышных и других работ все большее распространение начинает приобретать простой аппарат, известный под названием скрепера и представляющий собою ковш, двигающийся вперед и назад помощью прикрепленных к нему канатов. (Более подробное описание скрепера см. «Транспортные устройства».)

В том случае, если на заводе имеется достаточное количество воды и электрической энергии, сравнительно простым и дешевым способом для удаления наносов будет применение большого количества воды, направляемой помощью аппарата, известного под названием гидромонитора или водобоя, на верхний покров породы.

Под действием сильной струи воды наносы размываются и сносятся по направляющим канавам или жолобам.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Необходимый для работы аппарата напор воды может быть как естественный, основанный на разности уровней, так и искусственный, что достигается применением насосов высокого давления (до 15 *ат*).

§ 3. Оборудование

1. Бурильные молотки и буры

Для бурения неглубоких скважин и шпуров применяются аппараты, известные под названием бурильных молотков, состоящие из следующих основных частей:

1) кожуха — сплошного или составного, представляющего собой наружную часть молотка;

2) поршня — ударника, движущегося внутри цилиндра;

3) приспособления, осуществляющего автоматическое поворачивание бура, и

4) рукоятки.

Способ работы молотка, согласно рис. 5, заключается в том, что при приведении в движение поршня *1*, в цилиндре *3*, первый наносит удар по буру *2*.

В других конструкциях поршень *1* и бур *2* представляют одно целое и связаны между собою штоком *4*.

Молотки подобной конструкции часто называются перфораторами.

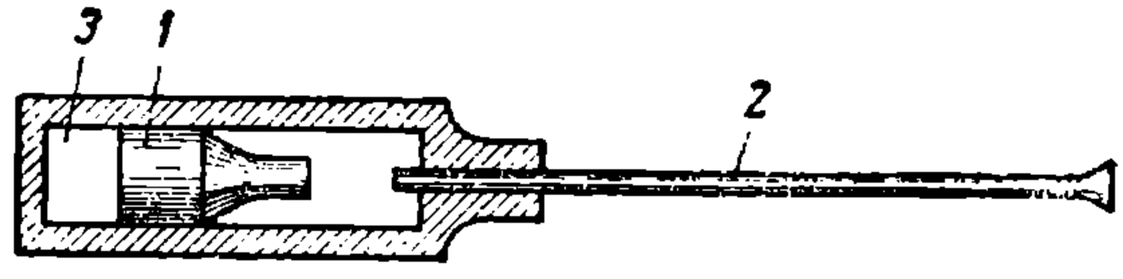


Рис. 5. Схема устройства бурильных молотков.

Бурильные молотки ударного типа можно подразделить на две группы:

а) молотки с автоматическим поворачиванием буров;

б) молотки без автоматического поворачивания буров.

На рис. 6 изображен пневматический бурильный молоток с автоматическим поворачиванием бура. Бурильный молоток состоит из двух цилиндров (*1* и *4*), соединенных буксой *3*. Цилиндр *1* оканчивается крышкой, составляющей одно целое с рукояткой *2*. Второй цилиндр *4* в месте соединения с буксой *3* оканчивается патроном *11*, через который пропущены болты *5* с пружинами-амортизаторами *6*. К цилиндру *4* посредством болтов *7* и пружин-амортизаторов *8* прикреплен бурodержатель *10*. Другой конец этого же цилиндра состоит из патрона — втулки *12*. Внутри цилиндров установлен поршень *9* со штоком, оканчивающимся ударником. Подача воздуха осуществляется через распределительную коробку *13*, оборудованную направляющими гильзами *14* и *15*, золотником *16* и двумя цилиндрическими вставками *17* и *18* с каналами для пропуска воздуха. Цилиндрические вставки служат, с одной стороны, крышками для золотниковой коробки, а с другой стороны — ограничителями хода золотника.

Вставка *18* снабжена отверстием для стержня *19* и выточкой для пружины на оси, на которой также укреплен курок *20*. Стержень и курок служат для прямой продувки скважины.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

В настоящее время в СССР изготовляются три типа пневматических молотков, а именно:

а) бурильный молоток типа «ББ» ленинградского завода «Пневматика», без автоматического поворота бура;

б) то же типа «БМ» того же завода, с автоматическим поворотом бура;

в) то же типа «НД» Невьянского завода, с автоматическим поворотом бура.

Основные технические данные для пневматических бурильных молотков приведены в табл. 2.

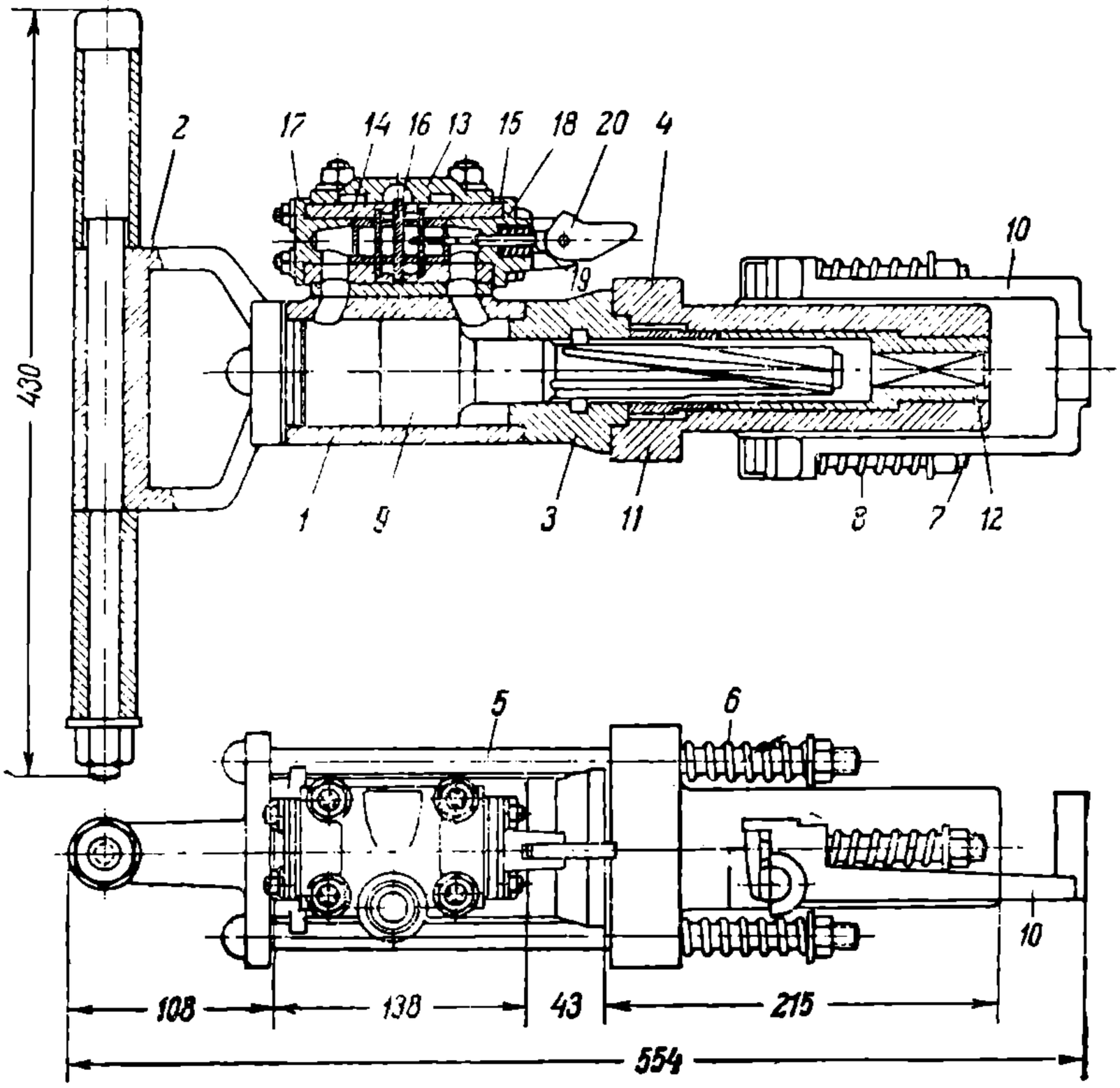


Рис. 6. Пневматический бурильный молоток.

Кроме пневматических бурильных молотков, за последнее время все больше находят применение электрические бурильные молотки.

На рис. 7 представлен электрический бурильный молоток, состоящий из кожуха, внутри которого установлен электродвигатель *5*. На оси последнего насажена коническая шестерня *14*, соединяющаяся с конической зубчаткой *2*, передающей движение кривошипному валу *18*.

Последний укреплен на двух шариковых подшипниках *4* и *15* и на обоих концах имеет по кривошипному пальцу, на которых сидят шариковые подшипники *6*, вложенные в шатуны *3*, соединенные другим концом с салазками *9*. При помощи этого передаточного механизма электродвигатель сообщает салазкам около 1400 качаний в минуту. С салазками помощью двух пружин *7* и *8* соединен ударник *1*. Бур *17* укрепляется в пе-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

редней части молотка при помощи буферного колпака *12*, который навинчивается на кожух салазок *10*, и резинового буфера *16*. Пуск молотка производится посредством нажатия рычага *13*, расположенного в рукоятке *11*. Подвод электрического тока осуществляется при помощи четырехжильного гибкого резинового кабеля, одна из жил которого служит для заземления корпуса молотка. Кабель вводится в зажимную коробку со втулкой, прикрепленную к кожуху выключателя.

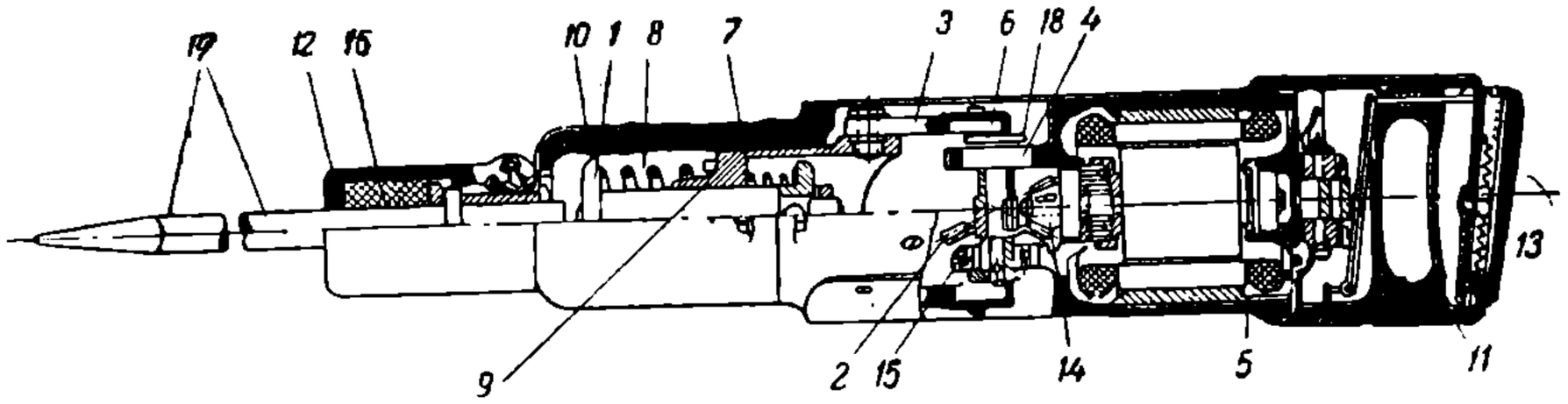


Рис. 7. Электрический бурильный молоток.

Таблица 2

Данные для пневматических молотков

Тип	Длина *мм*	Вес *кг*	Диаметр цилиндра молотка *мм*	Диаметр пустотелой буровой стали *мм*	Диаметр коронки бура *мм*	Диаметр воздухопроводн. шланга *мм*	Средняя глубина бурения *м*	Средний расход сжатого воздуха $м^3/мин$	Средняя производительн. бурения в *пог. м/час*
ББ	552	16,5	36	22 и 25	до 50	19	2—3	1,5—1,8	1,0—1,5
БМ	555	21,5	60	22 и 25	до 50	19	2—3	2,0—2,5	
НД	600	17,0	—	22 и 25	до 50	19	2—3	1,5—2,0	

Вал электродвигателя (с короткозамкнутым ротором), развивающий 3000 *об/мин*, совпадает с продольной осью молотка. Основные данные электрического отбойного молотка (система Сименс-Шукерт, SSW, тип E-900) следующие: вес без кабеля и бура — 15 *кг*; общая длина без бура — 670 *мм*; средний диаметр — 115 *мм*; мощность асинхронного электродвигателя трехфазного тока — 0,35 kW; рабочее напряжение — 125 V; сила тока — 2,5 A; число ударов — 1400 в минуту.

Преимущества электрического молотка перед пневматическим:

1) меньший расход электроэнергии,

2) возможность присоединения к имеющейся силовой или осветительной сети,

3) меньшая отдача молотка и более спокойная работа его.

Для рациональной работы бурильных молотков необходимо иметь комплектный состав буров хорошего качества. Буры для молотков изготовляются из специальной высокосортной стали, получаемой в виде прутьев шестигранного сечения, обычно пустотелых. Основные требования,

РБ УДУНТ (ДІІТ)

которые предъявляются к качеству стали, будут: однородность состава, отсутствие вредных примесей (сера, фосфор), гладкость поверхности как снаружи, так и внутри прута, прочность.

Прочность стали характеризуется следующими цифрами:

Предел упругости	**. 7 360** *кг/см²*
Сопротивление растяжению	**. 9 150** »
Удлинение	**11%**
Сужение	**40%**

Состав буровой стали примерно следующий:

C . .	**. 0,85—0,95%**
Mn .	**0,20—0,35%**
Si	**. 0,10—0,20%**
P	**. 0,025% (не более)**
S	**. 0,020% (не более)**

Сталь выпускается с заводов в виде прутьев длиной от 5 до 7,5 *м* и диаметром от 19 до 44 *мм*. В зависимости от глубины бурения и диаметра скважины употребляют определенный комплект буров.

Количество буров в одном комплекте зависит, главным образом, от крепости породы, сорта стали, качества закалки бура и устанавливается путем пробного бурения породы.

Каждый бур состоит из трех частей:

а) «коронки», сверлящей породу,

б) стержня бура и

в) «хвостовика» бура, вставляемого в молоток.

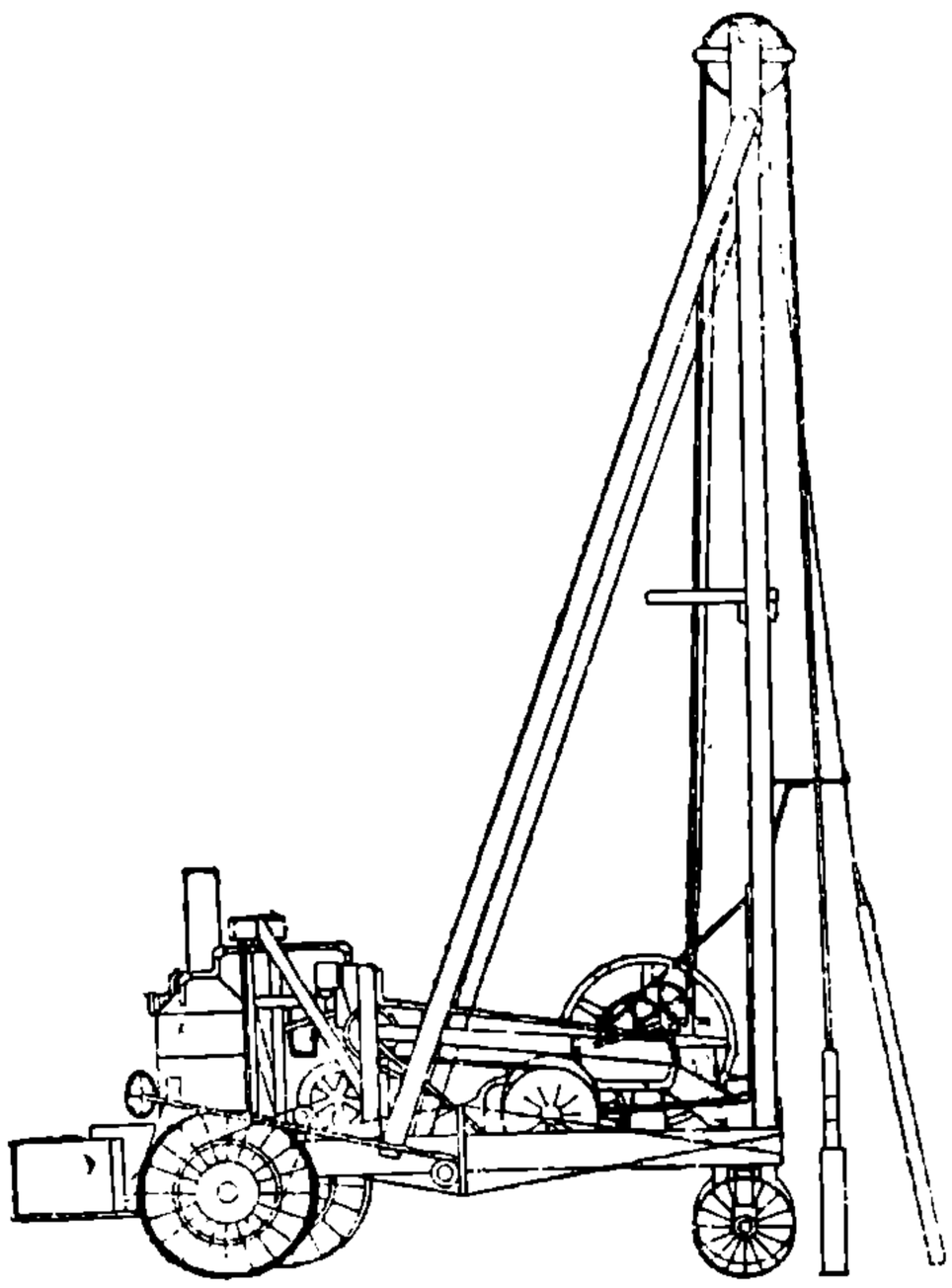


Рис. 8. Канатный буровой станок.

В зависимости от крепости породы коронки бывают четырехперые («крестовая») и шестиперые («звездочка»).

Изготовление и термическая обработка буров для молотков производятся в бурозаправочных станках и в нефтяных горнах. Выгодность применения автоматической заправки буров перед ручной заключается в быстроте и небольшой стоимости работы, в однородности материала и в лучшем уплотнении материала коронки.

2. Буровые станки

Для бурений скважин глубиною более 10 *м* применяется канатный буровой станок, изображенный на рис. 8.

Станок состоит из следующих основных частей:

а) рамы с платформой, на которой установлены все механизмы;

НБ УДУНТ (ДІІТ)

б) стрелы с укрепленным на ней блоком для подъемного каната;
в) лебедки;
г) долота с ударной штангой и долбежным устройством.

Способ работы этого станка заключается в следующем: бурение производится посредством ударов, которые наносятся по породе тяжелым долотом, последовательно поднимаемым на небольшую высоту и под действием силы тяжести падающим и разбивающим породу.

Долото наносит по породе от 55 до 60 ударов в минуту.

Скорость бурения, в зависимости от свойств породы, колеблется от 0,5 *м/час* (мрамор) до 5,0 *м/час* (мел).

В случае электрического привода для работы станка потребная мощность двигателя колеблется от 6 до 10 *ЛС*.

Удаление из скважины буровой муки производится помощью воды, которая наливается в скважину в таком количестве, чтобы при перемешивании ее с буровой мукой получилась жидкая грязь, которая и удаляется вычерпыванием или приспособлением, называемым «желонкой».

В настоящее время изготовление таких станков у нас в СССР производится на Онежском заводе.

3. Механические лопаты

Еще распространенный на некоторых заводах способ ручной резки глины должен уступать свое место пневматическим и электрическим лопатам. Механизированная резка, например, глины должна значительно повысить производительность забойщика и в то же время дать возможность сократить количество рабочих по сравнению с ручной резкой.

На рис. 9 представлен тип пневматических лопат тяжелого (слева) и легкого (справа) типов, служащих для механической резки глин. Перед выбором того или иного типа лопаты надлежит точно установить форму режущего инструмента, силу его удара и т. п. применительно к физическим свойствам ископаемого сырья и различных сортов его. При употреблении механических лопат следует учесть, что в среднем для каждой лопаты требуется от 0,6 до 0,7 $м^3$ воздуха в минуту при 5 *ат* давления.

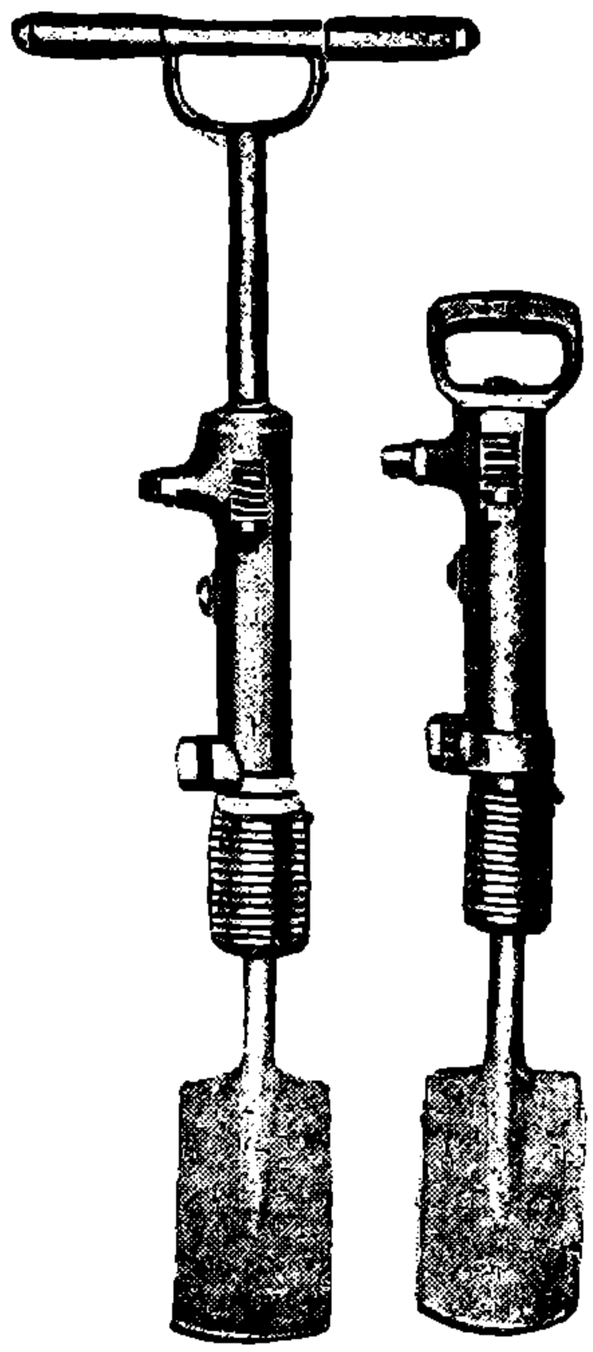


Рис. 9. Типы пневматических лопат.

Добыча сырья помощью автоматических лопат применяется в тех случаях, когда требуется сортировка сырья. В случае, когда добываемая порода может быть использована заводом без предварительной сортировки и при соответствующей крепости породы, с большим успехом для ее добычи могут быть использованы экскаваторы.

4. Экскаваторы

Общие сведения и типы. Экскаватором называется аппарат, посредством которого производится отделение части горной породы от общей

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ее массы и перемещение этой части на определенное расстояние, или перемещение и погрузка взорванной породы на транспорт (платформы, вагонетки и пр.).

По способу своего действия экскаваторы разделяются на два типа:

1) экскаваторы п е р и о д и ч е с к о г о действия, оборудованные одним ковшом, который после каждого черпания должен быть опорожнен, так что между черпаниями существует перерыв;

2) экскаваторы н е п р е р ы в н о г о действия, оборудованные многими ковшами, закрепленными на двух параллельно действующих бесконечных цепях.

По способу передвижения экскаваторы подразделяются на плавающие и сухопутные.

П л а в а ю щ и й экскаватор устанавливается на барже или понтоне. Он называется землечерпательным, если служит только для извлечения грунта из-под воды; если же на понтоне вместе с экскаватором установлено и оборудование для промывки и механической обработки извлеченной из-под воды породы, то такой экскаватор называется д р а г о й.

С у х о п у т н ы й экскаватор устанавливается на подвижную опорную тележку, для передвижения которой может служить один из следующих основных типов ходового устройства:

1) Д о р о ж н ы й к о л е с н ы й х о д служит для передвижения экскаватора непосредственно по почве; два задних колеса тележки — ведущие колеса, а два передних — поддерживающие и направляющие. Ширина обода колес достигает 600 *мм* для уменьшения его давления на грунт. Этот ход обычно применяется для экскаваторов, не превышающих 50 *т* веса.

2) Ж е л е з н о д о р о ж н ы й к о л е с н ы й х о д служит для передвижения экскаватора по рельсам, причем рельсовый путь может быть нормальной (1524 *мм*) или узкой колеи. Для обеспечения устойчивости экскаватора его тележка снабжается боковыми домкратами. Железнодорожный ход применяется как для тяжелых, так и для легких (до 50 *т*) экскаваторов.

3) Г у с е н и ч н ы й х о д служит для передвижения экскаватора непосредственно по почве, причем перемещение аппарата происходит посредством опорной широкой стальной ленты, которая плотно охватывает в виде бесконечной цепи систему опорных колес экскаваторной тележки. Опорная лента состоит из шарнирно-соединенных плоских стальных секций и оборудована с внутренней стороны зубчаткой. Одно или два из опорных колес имеют вид зубчатых звездочек, которые при помощи зубчатки бесконечной ленты приводят в движение экскаватор; остальные же колеса тележки служат направляющими роликами для стальной бесконечной ленты.

Гусеничный ход имеет перед другими ходами следующие преимущества: а) возможность передвижения по сравнительно слабой почве благодаря большой поверхности опорных лент экскаватора (давление на 1 $см^2$ колеблется от 0,8 до 8,5 $кг/см^2$); б) возможность передвижения по неровной почве (при подъемах, не превышающих 16°); в) возможность производить крутые повороты экскаватора; г) отсутствие необходимости в прокладке тяжелых рельсовых путей.

По роду применяемой энергии экскаваторы разделяются на паровые, газовые, воздушные и электрические.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Паровые экскаваторы в смысле управления относятся к наиболее простым. Они снабжаются котлами: вертикальными — для небольших и горизонтальными — для больших машин. Для отопления котлов применяются: дрова, уголь или нефть, торф и т. п.

Недостатками этого типа экскаваторов будут: а) затруднительность снабжения котлов водой надлежащего качества; б) затруднения в обогревании в зимнее время машины и трубопроводов; в) недостаточное использование топлива; г) перерывы в работе из-за необходимости регулярной чистки котлов не менее двух раз в месяц; д) большое количество обслуживающего персонала.

К достоинствам этого типа экскаваторов надо отнести: а) незначительную стоимость их по сравнению с другими типами экскаваторов; б) возможность найти подходящий вид топлива; в) легкость обучения обслуживающего персонала умению управлять машиною.

Газовые экскаваторы оборудованы двигателями внутреннего сгорания и работают на нефти или керосине. С механической точки зрения, работа газового экскаватора вполне удовлетворительна, и при сравнении с паровым экскаватором у газового имеются следующие преимущества: а) незначительный расход воды; б) лучшее использование топлива; в) меньшая потребность в обслуживающем персонале; г) возможность пуска и остановки двигателя в любое время; д) меньшие габаритные размеры газового двигателя по сравнению с паровым.

Их развитие — дело будущего.

Воздушные экскаваторы снабжаются компрессорной установкой и трубопроводами. Сжатый воздух может применяться в экскаваторах подобно пару при употреблении тех же самых машин. В настоящее время, вследствие ограниченного числа экскаваторов, работающих сжатым воздухом, относительно таких экскаваторов имеется еще недостаточно данных.

Электрические экскаваторы снабжаются, в зависимости от имеющегося электрического тока, двигателями переменного или постоянного тока. При этом экскаваторы небольшой мощности снабжаются преимущественно двигателями переменного тока, а экскаваторы большой мощности обслуживаются двигателями постоянного тока с последовательной обмоткой возбуждения, так как у мощных экскаваторов имеет место значительное колебание в нагрузке.

Из преимуществ, которыми обладают экскаваторы с электрическим приводом, по сравнению с паровыми, приведем следующие. Прежде всего возможность тормозной работы электродвигателя, автоматически превращающегося при опускании ковша из движущего органа в тормозной.

Это свойство электродвигателя, представляющего собой обратимую машину, использовано во всех подъемных машинах и может быть также использовано в экскаваторе. Пользуясь электрическим генераторным торможением, можно придать любую скорость для спуска ковша, в зависимости от высоты подъема и других условий экскаваторной работы. При этом происходит спокойный, плавный и безопасный спуск, так как скорость автоматически сохраняется постоянной (за исключением периодов разгона и замедления перед остановкой).

Совершенно противоположное наблюдается у паровых экскаваторов, у которых свободное падение ковша под влиянием силы тяжести сопровождается более или менее резким торможением посредством ручного

НБ УДУНТ (ДІІТ)

тормоза. Подобная работа, естественно, вызывает сильные толчки и сотрясения, вредные для целости и долговечности всего механизма.

Электрогенераторное торможение в электрических экскаваторах дополняется еще механическим тормозом, управляемым тормозным электрическим прибором. Последний тормоз, служащий для удержания груза в поднятом положении, действует автоматически, так как при остановке двигателя выключается и электрический прибор, который освобождает тормозное устройство.

В паровом экскаваторе удержание груза в поднятом состоянии предоставлено усмотрению машиниста, что, понятно, является менее надежным и безопасным.

Кроме усовершенствованной тормозной системы, в электрическом экскаваторе можно применять и предохранительное приспособление для ограничения хода ковша с целью устранить возможность удара его о конец стрелы экскаватора, если машинист почему-либо не остановил во-время подъемного двигателя. У парового экскаватора такое предохранительное приспособление отсутствует.

Другим преимуществом электрического экскаватора перед паровым является плавная спокойная работа электродвигателя по сравнению с работой тихоходной поршневой машины, вызывающей вибрации и дрожание экскаватора. Вибрации увеличивают износ агрегата, сокращают срок его службы, увеличивают расходы и потерю времени на ремонт.

К другим преимуществам электрического привода перед паровым относится: значительная экономия на рабочей силе, на затрачиваемой энергии и на ремонте, а также удобство работы в холодное время.

К числу недостатков следует отнести: а) дороговизну по сравнению с паровыми на 30—50%; б) необходимость подводки электрических проводов к месту работы; в) требование большей квалификации обслуживающего персонала; г) наличие перегрузок в работе менее допустимо, чем у паровых экскаваторов.

Американской Медной компанией в штате Юта (Utah Copper Company), у которой в течение нескольких лет находились в эксплоатации приблизительно в равных условиях экскаваторы с электрическим и паровым приводом, выведены относительные данные (см. табл. 3), характеризующие работу электрических экскаваторов. Все цифры, приведенные в табл. 3 и относящиеся к паровым экскаваторам, приняты за 100%.

Таблица 3

Наименование	Привод	
	паровой	электрический
Расходы на рабочую силу .	100%	76%
„ „ энергию	100%	17%
„ „ смазку и обтирку . .	100%	34%
„ „ ремонты	100%	22%
Полные расходы, отнесенные к единице веса перемещенной породы .	100%	37%

Факторы, влияющие на выбор типа экскаватора. Выбор типа экскаватора зависит от следующих факторов:

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Мощность залегания породы и срок разработки. В зависимости от этого фактора устанавливается производительность экскаватора, так как при работах большого масштаба мощные экскаваторы являются более экономичными в работе.

Свойства добываемых пород. Для черпания взорванных крепких горных пород или для разработки пород со включениями валунов, камней или пней употребляют в большинстве случаев одноковшевые экскаваторы; при разработке однородных сыпучих или вязких пород предпочтение отдается многоковшевым экскаваторам.

Сопротивляемость грунта. Для хорошо сопротивляющихся грунтов применимы экскаваторы на любом ходу; при слабо сопротивляющихся грунтах применяется экскаватор на гусеничном ходу и,

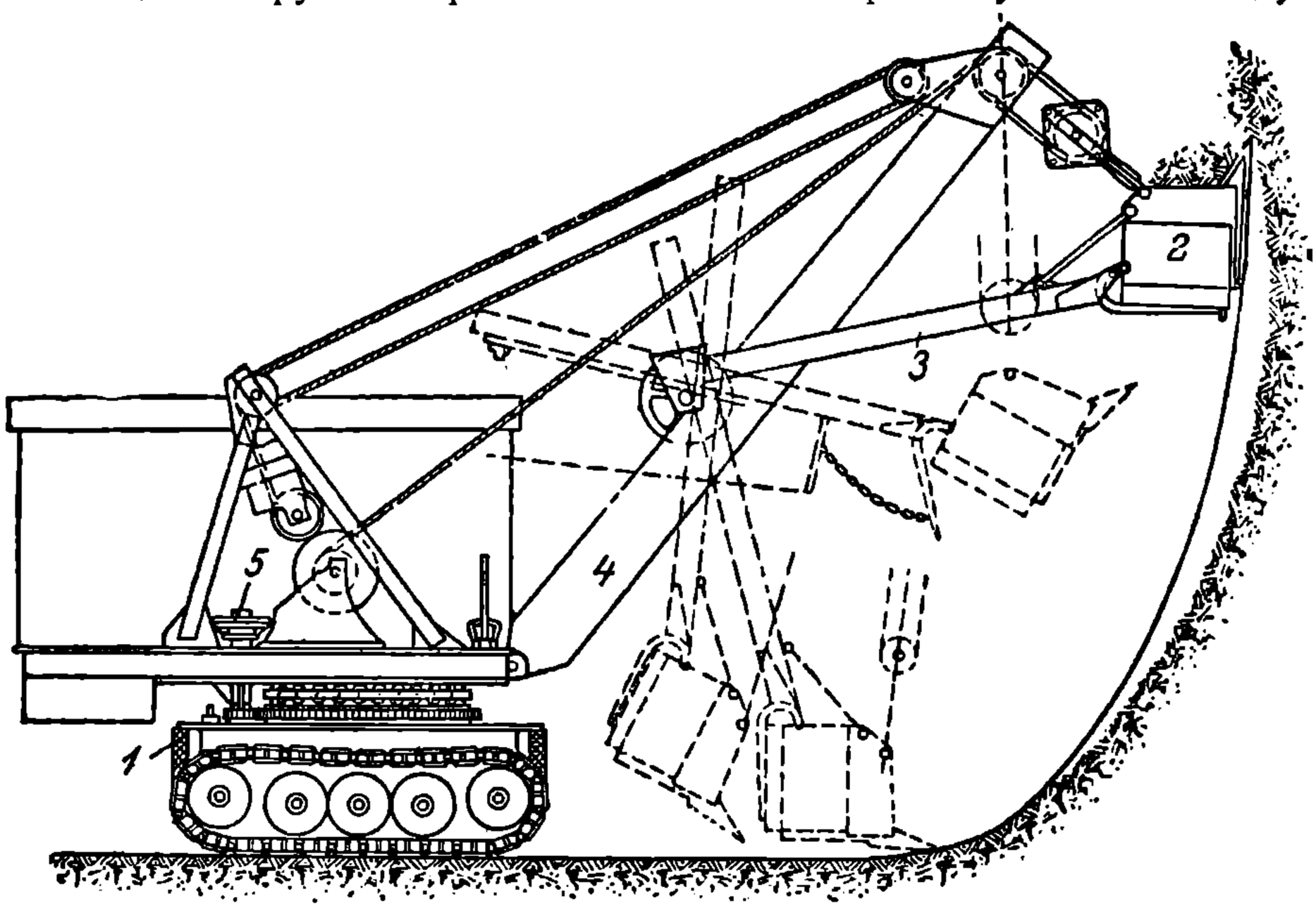


Рис. 10. Одноковшевый экскаватор.

наконец, при необходимости частого передвижения экскаватора в разных направлениях у него должен быть гусеничный или колесный ход.

Характер работ в карьере. При разработке с подошвы карьера уступов высотой до 15 *м* применяются одноковшевые экскаваторы. При производстве выемки с борта карьера глубиной до 35 *м* и грунте подходящей крепости применяются многоковшевые экскаваторы. При разработке высоких уступов с борта карьера применяются одноковшевые экскаваторы (с грейфером вместо ковша), если по свойству породы нельзя применить многоковшевые экскаваторы.

Энергия. Выбор типа привода экскаватора зависит от возможности полного обеспечения экскаватора энергией и от стоимости этого рода энергии.

Составные части и процесс работы экскаватора. Одноковшевые экскаваторы. Главные составные части одноковшевого экскаватора (см. рис. 10) следующие: *1* — тележка для передвиже-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ния экскаватора; *2* — рабочий снаряд, т. е. ковш; *3* — рукоять, представляющая жесткое соединение ковша со стрелой или, в случае применения грейфера, стальной канат (трос), представляющий гибкое соединение грейфера со стрелой; *4* — стрела или длинная балка, состоящая из двух стальных параллельных брусьев, наклоненных под углом 40—45° к горизонту, служащих направляющими при подъеме и опускании снаряда; *5* —привод, состоящий из трех машин: напорной — помещающейся на стреле и управляющей движением рукояти ковша; подъемной — служащей для подъема рукояти с ковшом, наполненным породой (эта же машина перемещает экскаватор вдоль забоя и производит подъем или опускание головной части стрелы для изменения угла ее наклона), и поворотной — помещающейся в передней части кабинки экс-

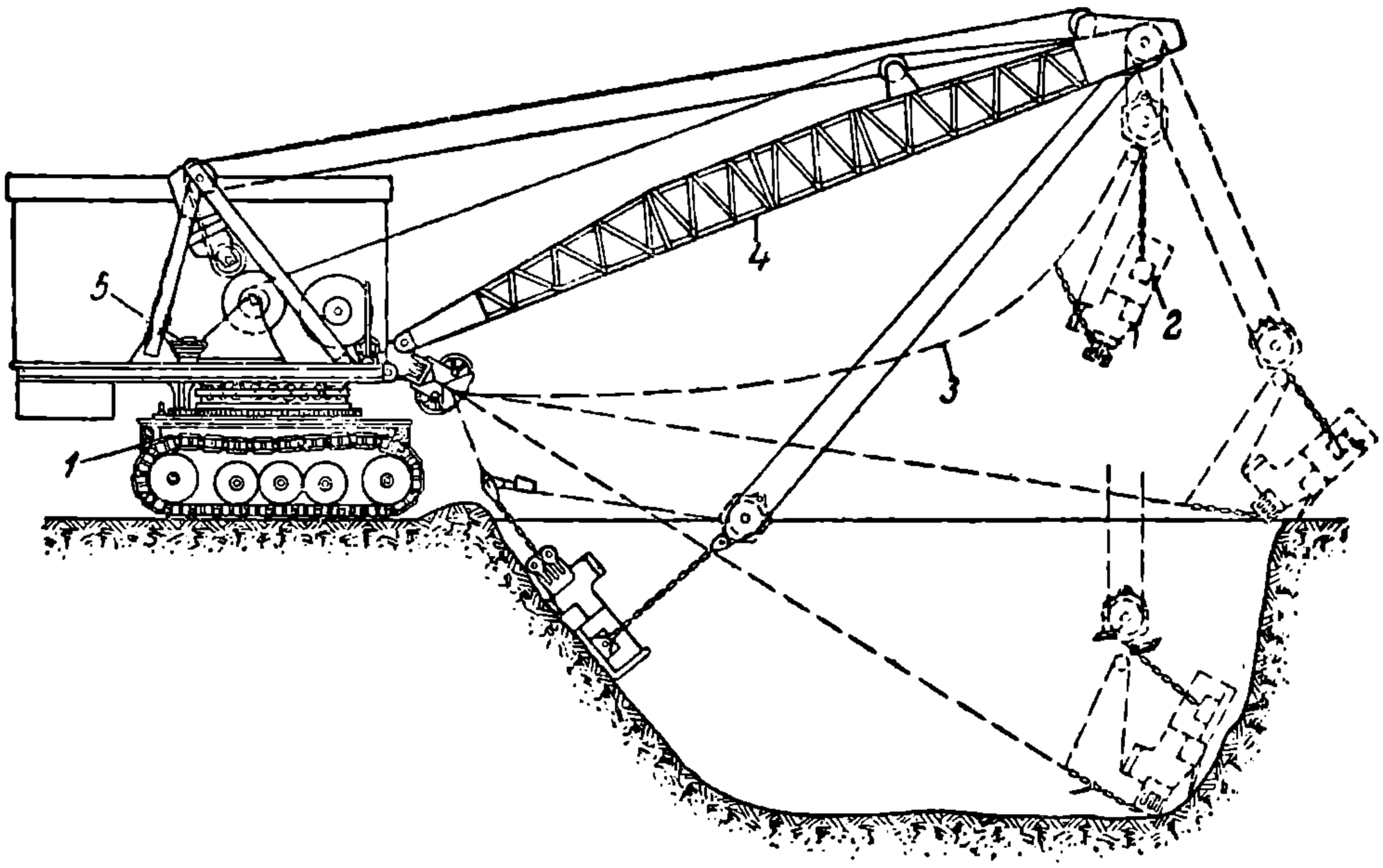


Рис. 11. Экскаватор с ковшем-скребком.

каватора и служащей для поворачивания в горизонтальной плоскости стрелы или экскаватора. При употреблении экскаватора с грейфером или с ковшом-скребком механизм агрегата снабжается тяговым барабаном, взамен напорной машины, для подтягивания снаряда при помощи отдельного тягового каната.

Процесс работы одноковшевого экскаватора состоит из следующих операций:

1. Установленный на месте работ экскаватор поворачивается стрелой в сторону забоя (т. е. к месту выемки породы), после чего ковш опускается в нижнее положение.

2. При небольшом отходе экскаватора назад начинается подъем ковша при одновременном удлинении рукояти ковша при помощи зубчатой рейки. Благодаря этим движениям — подъемному и напорному — лезвие или зубья ковша начинают врезаться в забой породы, и происходит наполнение ковша.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3. По наполнении породой ковша его рукоять укорачивают с таким расчетом, чтобы ковш немного отодвинулся от забоя, затем стрелу поворачивают в горизонтальной плоскости до расположения ковша над местом выгрузки породы.

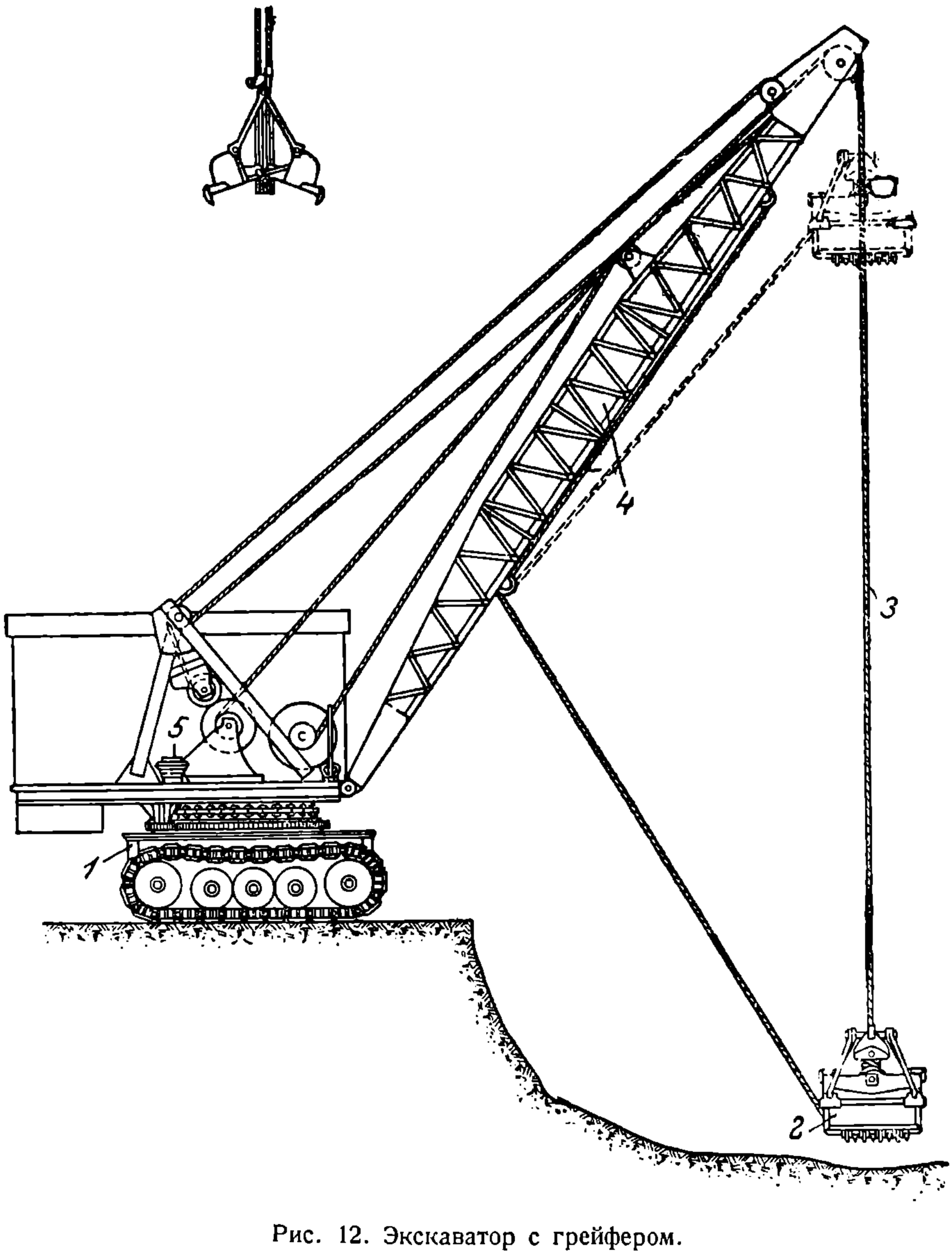


Рис. 12. Экскаватор с грейфером.

4. По установке ковша над местом выгрузки породы открывают его днище, благодаря чему происходит опорожнение ковша.

5. Закрыв днище ковша, поворачивают стрелу к месту выемки породы, и операции повторяются в том же порядке.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

	Единица измерения	Модель				
		I-Д-В	I-Д	I-Э	II-П	II-Д
		Универс. полуповоротный	Универсальный полноповоротный		Универсаль полнопово	
Вес	*т*	12,0	22,5	22,5	32,5	33,0
Тип ходового оборудования	—					гусе
Удельное давление на грунт	*кг/см²*	0,44	0,75	0,75	0,95	0,97
Скорость перемещения	*км/час*	0,9—1,9	0,5—1,2	0,5—1,2	0,75	0,75
Емкость рабочего органа (ковш-грейфер)	*м³*	0,35	0,50	0,50	0,75	0,75
Длина стрелы	*м*	4,8 / 9,0	5,7 / 14,0	5,7 / 14,0	6,3 / 15,0	6,9 / 15,0
Длина рукояти		3,38	4,3	4,3	4,5	4,5
Угол наклона стрелы		45	45	45	45	45
Радиус выгрузки	*м*	5,3 / 5,5	7,0 / 10,5	7,0 / 10,5	7,7 / 10,8	7,5 / 10,8
Высота выгрузки		3,4 / 5,5	4,2 / 4,5	4,2 / 4,5	4,6 / 4,9	4,9 / 4,9
Глубина черпания		0,8 / 4,5	— / 5,0	— / 5,0	1,8 / 5,0	1,6 / 5,0
Тип силового оборудования	—	трактор	дизель	электродвигатель	паровой	дизель
Мощность подъемного двигателя	*ЛС*	30	60	50	50	95
Мощность поворотного двигателя		—	—	—	25	—
Мощность напорн. двиг.		—	—	—	25	—
Тип парового котла	—	—	—	—	вертикальный	—
Давление пара	*ат*	—	—	—	10,0	—
Приблизительная производительность, средний грунт (ковш)	*м³/час*	40	50—60	50—60	75—90	70—85
Приблизительная производительность, средний грунт (грейфер)	„	32	45—50	45—50	60—75	60—70

НБ УДУНТ (ДІТ)

Таблица 4

е л и								
II-Э	III-П	III-Д	III-Э	IV-П	IV-Э	М-V-Э	М-VI-Э
ный ротный	Полууниверсальный полноповоротный			Полууниверсальный полуповоротный		Универс. полноповоротный	Универс. полуповоротный
33,0	63,5	66,0	66,0	160,0	165,0	225,0	625,0
н и ч н ы й							
0,97	1,14	1,18	1,18	1,65	1,70	2,04	2,80
0,75	0,6—1,0	1,0	0,6—1,0	0,7—1,0	0,7—1,5	0,7—1,0	0,2—0,3
0,75	1,50	1,50	1,50	3,00	3,00	4,0	6,0
6,9 / 15,0	8,1 / 18,0	9,0 / 18,0	8,1 / 18,0	11,0 / 25,0	11,0 / 25,0	11,0 / —	29,0 / —
4,5	5,5	5,7	5,7	7,8	7,9	7,0	19,0
45	45	45	45	50	50	47	47
7,5 / 10,8	9,6 / 14,8	9,9 / 14,8	8,6 / 14,8	13,9 / —	12,8 / 18,6	— / —	31,7 / —
4,9 / 4,9	6,5 / 5,6	5,6 / 5,6	6,1 / 5,6	6,4 / —	6,8 / 17,7	— / —	22,4 / —
1,6 / 5,0	2,1 / 8,0	1,9 / 8,0	2,0 / 8,0	2,5 / —	2,5 / 5,0	— / —	— / —
электро-двигатель	паровой	дизель	электро-двигатель	паровой	электро-двигатель	электро-двигатель	электро-двигатель
75	85	150	60	228	187,5	250	2×187,5
—	45	—	23	100	50	2×40	125
—	45	—	23	100	40	50	125
—	верти-кальный	—	—	горизон-тальный	—	—	—
—	10,0	—	—	10,0	—	—	—
70—85	130—150	120—135	120—135	200—230	200—230	350—390	300—320
60—70	100—110	100—110	100—110	—	—	—	—

НБ УДУНТ (ДІІТ)

При употреблении экскаватора со скребком-ковшом (рис. 11), соединенным со стрелой гибкой связью, процесс работы видоизменяется и состоит из следующих операций:

а) По установке экскаватора на месте работ стрела поворачивается в сторону забоя, после чего, при слегка натянутом канате, скребок быстро поднимается к верхней части стрелы, и в этот момент тяговой канат отпускается, благодаря чему скребок приводится в качательное движение.

б) При наибольшем отклонении скребка в сторону от экскаватора внезапным освобождением подъемного каната скребок опускается на место выемки. Подобным движением скребка увеличивается радиус действия экскаватора; при работе опытных машинистов увеличение радиуса действия достигает 30% длины стрелы.

в) Опущенный на место выемки скребок начинают постепенно тащить в сторону по направлению к экскаватору, причем при своем волочении по породе скребок заполняется породой.

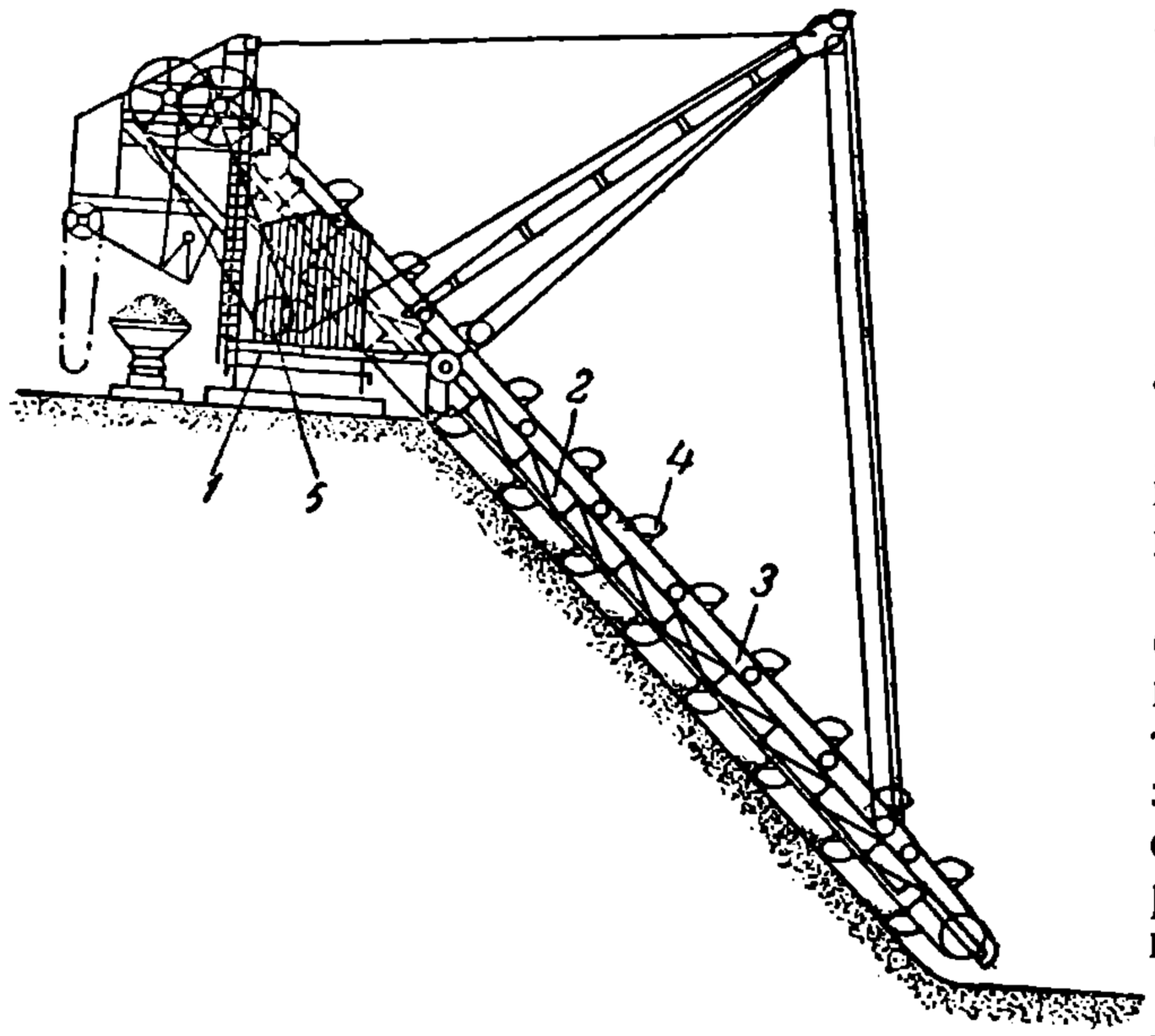


Рис. 13. Многоковшевый экскаватор.

г) По наполнении скребка породой его поднимают посредством подъемного каната, а стрелу поворачивают в горизонтальной плоскости до расположения скребка над местом выгрузки породы.

д) По установке скребка над местом выгрузки отпускают тяговой канат, в результате чего скребок опрокидывается, и порода из него высыпается.

е) После опорожнения скребка стрелу поворачивают к месту выемки породы, и операции повторяются в том же порядке снова. Одноковшевый экскаватор с грейфером, изображенный на рис. 12, имеет конструкцию основных механизмов, одинаковую с только что описанным односкребковым экскаватором. Разница в их действии заключается лишь в следующем: при работе этого экскаватора ковш-грейфер не волочится по грунту, а опускается и поднимается вертикально; вследствие этого грейфер может захватывать только ту породу, которая находится на месте его опускания.

Экскаватор грейферного типа применяется преимущественно на погрузке.

Основные данные по одноковшевым и грейферным экскаваторам приведены в табл. 4.

Многоковшевые экскаваторы (рис. 13). Главные составные части многоковшевых экскаваторов следующие:

НБ УДУНТ (ДІІТ)

1 — тележка для передвижения экскаватора, на которой размещены все приводные механизмы и расположен бункер для ссыпания в него добытой породы; у бункера имеются разгрузочные отверстия для опорожнения.

2 — ковшевая рама, представляющая собою клепаную металлическую ферму, подвешенную к стреле, в свою очередь прикрепленной на шарнире к будке. Рама оборудована в верхней своей части звездчатым шкивом для натяжения цепи, а в нижней — гладким шкивом для направления цепи при ее передвижении.

В конструктивном отношении рама подразделяется:

а) на цельную — жесткую, которая применяется преимущественно при свободно висящей ковшевой цепи; в случае же принудительного направления ковшевой цепи эта конструкция применяется только тогда, когда работа ведется нижним черпанием без зачистки почвы карьера;

б) на цельную, но имеющую в конце шарнирное звено; находит применение в случаях придания дну карьера ровной поверхности или необходимости полной зачистки дна карьера от пустой породы для разработки нижележащего пласта полезного ископаемого;

в) на шарнирную, т. е. составленную из нескольких цельных частей, связанных между собою посредством шарниров; подобное устройство позволяет такую раму расположить на породе в виде ломаной линии, что, в свою очередь, создает условия для изменения глубины разработки и возможности производить выемку отдельного пласта породы;

г) на шарнирно-выдвижную, применяющуюся для разработки пластов породы, мощность которых колеблется в разных пределах.

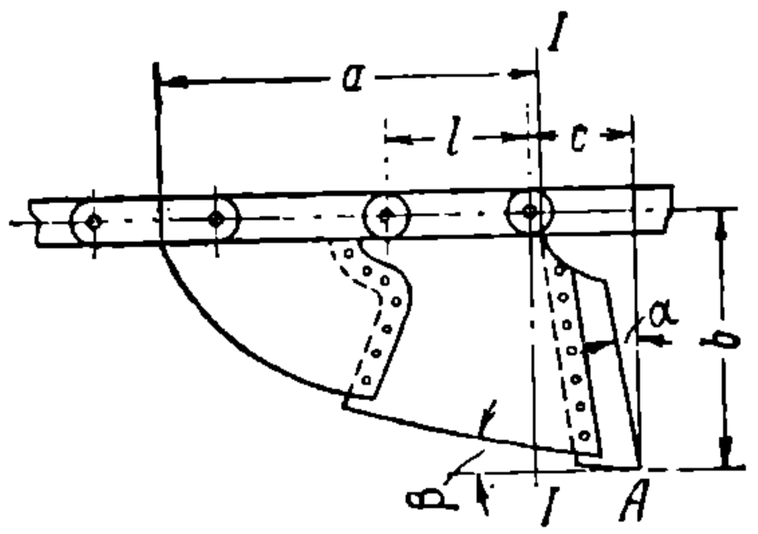


Рис. 14. Ковш многоковшевого экскаватора.

Для уравновешивания тяжелой рамы, установленной с одной стороны экскаватора, с другой стороны устанавливается тяжелый противовес, во избежание опрокидывания экскаватора.

3 — бесконечная ковшевая цепь, состоящая из стальных звеньев длиною 300—350 *мм*, соединенных между собою посредством шарниров.

В зависимости от крепости разрабатываемой породы к ковшевой цепи ковши прикрепляются прерывисто, т. е. через 3, 5 и 7 звеньев; при этом, чем тверже порода, тем больше между ковшами свободных звеньев и, следовательно, меньше ковшей на всей бесконечной ленте, что одновременно уменьшает тяговое усилие. При разработке слабой породы цепь должна провисать свободно, чем предупреждаются возможные повреждения механизма при встрече в породе камней или корней. При разработке твердой породы цепь натягивается на раме туго. Скорость движения ковшевой цепи колеблется в небольших пределах, округленно от 0,5 до 1 *м/сек*, чему соответствует число опорожнений в минуту от 22 до 28 ковшей.

4 — ковши (подробнее см. рис. 14) изготовляются из клепаных стальных листов. Емкость одного ковша колеблется в больших пределах, от 15 до 800 *л*, в зависимости от мощности экскаватора.

Для предохранения ковша от износа его режущая часть снабжается стальным козырьком, к которому при работе в крепких породах прикле-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

пываются несколько съемных стальных зубьев. По бокам ковша приклепаны салазки для присоединения к ним промежуточных планок цепи.

5 — привод, состоящий в большинстве случаев из электродвигателей, так как паровые и другие типы приводов за последнее время начали выходить из употребления. Устанавливаются отдельные электродвигатели: а) для передвижения экскаватора, причем один электродвигатель устанавливается, если экскаватор на колесном железнодорожном ходу, и два, по одному на каждую сторону, если экскаватор на гусеничном ходу; б) для подъема и опускания ковшевой рамы; в) для передвижения ковшевой бесконечной цепи; г) для компрессора, который питает сжатым воздухом различные пневматические затворы и тормоза.

Кроме того, поворотные экскаваторы снабжаются электродвигателем для поворотов. Электрический ток подводится к экскаватору посредством кабеля, который при движении экскаватора непрерывно наматывается на барабан или сматывается с него. Барабан расположен в будке экскаватора. В некоторых случаях ток подводится при помощи укрепленного на столбах контактного провода.

Процесс работы многоковшевого экскаватора состоит в следующем: по установке экскаватора на месте добычи ковшевой раме придают соответствующий угол наклона и приступают к работе. Извлечение породы производится при медленном непрерывном движении экскаватора вдоль намеченной линии забоя.

В этом случае нижняя часть ковшевой цепи должна быть расположена непосредственно на породе; благодаря движению экскаватора и цепи с ковшами последние под действием своего веса и веса рамы врезаются в породу, наполняются и передают добытый материал в приемную воронку экскаватора. Процесс высыпания породы из ковша происходит автоматически, так как ковшевая цепь, при огибании цепного барабана, приобретает вид ломаной линии из своих звеньев и благодаря этому частью отходит от ковша, освобождая тем самым выход для добытой породы.

Толщина снимаемого ковшами слоя породы регулируется в зависимости от крепости породы.

При работе экскаватора со свободной ковшевой цепью откос забоя получает очертание по кривой линии; в этом случае глубина черпания не должна превышать 15 *м* во избежание обрушения забоя вследствие подработки его верхней части. При использовании экскаватора в работе с туго натянутой ковшевой цепью откос получается более крутой с очертаниями по прямой линии.

В зависимости от того, к какой выемке приспособлена работа экскаватора, последний работает на верхнее или нижнее черпание.

В случае нижнего черпания целесообразно увеличивать угол до максимального для использования полностью продуктивности экскаватора. Это вызывается тем, что при крутом откосе повышается способность ковшей к захвату породы и в то же время излишнее количество материала вываливается из них вниз, а не высыпается на рабочей верхней площадке, задерживая иногда движение самого экскаватора.

Из разновидностей многоковшевого экскаватора следует отметить скребковый и фрезерный (колесный) экскаваторы. С к р е б к о в ы й экскаватор отличается от ковшевого тем, что он снабжен не ковшами, а скребками. При работе скребков добываемая порода падает вниз, откуда помощью элеватора направляется в бункер, из которого уже и произво-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

дится дальнейшая разгрузка породы. Подобный экскаватор применяется, главным образом, для добычи бурого угля в пластах мощностью от 15 до 35 *м*, причем работает он только выше пути, на котором он расположен.

Ф р е з е р н ы й (или к о л е с н ы й) экскаватор, в отличие от ковшевого и скребкового, оборудован колесом с укрепленными на колесе по периферии ковшами; при вращении колеса, насаженного на горизонтальную ось, происходит срезание породы. Этот тип экскаватора разрабатывает грунт параллельно своему пути или под некоторым углом к нему и может применяться для копания канав, траншей.

Основные данные по многоковшевым экскаваторам приведены в табл. 5.

Таблица 5

Данные для многоковшевых экскаваторов

	Единица измерения	М-К-I	М-К-II
Вес	*т*	12,5	18,5
Тип ходового оборудования		г у с е н и ч н ы й	
Удельное давление на грунт	*кг/см²*	0,75	0,85
Скорость перемещения	*км/час*	1,8—2,2	2,8
Емкость ковша	*л*	30	70
Тип силового оборудования	—	бензиновый двигатель	дизель
Мощность двигателя	*ЛС*	73	85
Приблизительная производительность, средний грунт	*м³/час*	60—70	120—130

5. Машина системы Сухно

За последнее время в огнеупорной промышленности сконструирована и установлена на Часов-ярских карьерах для добычи огнеупорных глин машина системы Сухно.

Рис. 15 изображает разрез машины системы Сухно (тип АСП), состоящий из нижней (*1*) и верхней (*4*) тележек. На нижней тележке укреплена шахта *2*, клеть *5* и мост *3* с установленной на последнем подъемной машиной *9*. Клеть оборудована с одной стороны стрелой *6*, а с другой стороны ковшом *7* и транспортером *8*. Вся эта система подвешена на тросах, переброшенных через блоки моста и наматывающихся на барабан подъемной машины. Ковш приводится в движение по стреле канатом, наматывающимся на напорную машину *10*, установленную в клети. Нижняя тележка ходит по рельсам и снабжена передвижным механизмом *11*. При движении ковша вперед, затем подъемом его и обратным ходом, машинист выбирает из пласта *13* брус глины (в форме параллелепипеда), который помощью транспортера направляется в вагонетку.

Управление машиной, снабженной электродвигателями общей мощностью 55 kW, сосредоточено на пульте в кабине *12* машиниста. Размеры бруса, извлекаемого из пласта за один прием, 5000 × 450 × 350 *мм* (геометрические), вес его около 1 *т*. Для получения отдельных кусков глины машина снабжена гильотиной.

Обслуживающий штат в смену состоит из машиниста, его помощника, откатчика вагонеток и двух путевых рабочих по переноске путей впереди машины. Данные для машины системы Сухно следующие:

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Теоретическая производительность в час	72 *т*
Емкость ковша	0,78 *м*³
Потребная мощность электродвигателей . . .	55 kW
Величина опускания и подъема стрелы в среднем	2 *м*
Величина хода ковшей	5 „
Скорость подъема и опускания стрелы	0,5 *м/сек*
Скорость рабочего движения ковша	0,4 „
Скорость холостого движения ковша	0,8 „
Скорость движения транспортера .	0,4 „

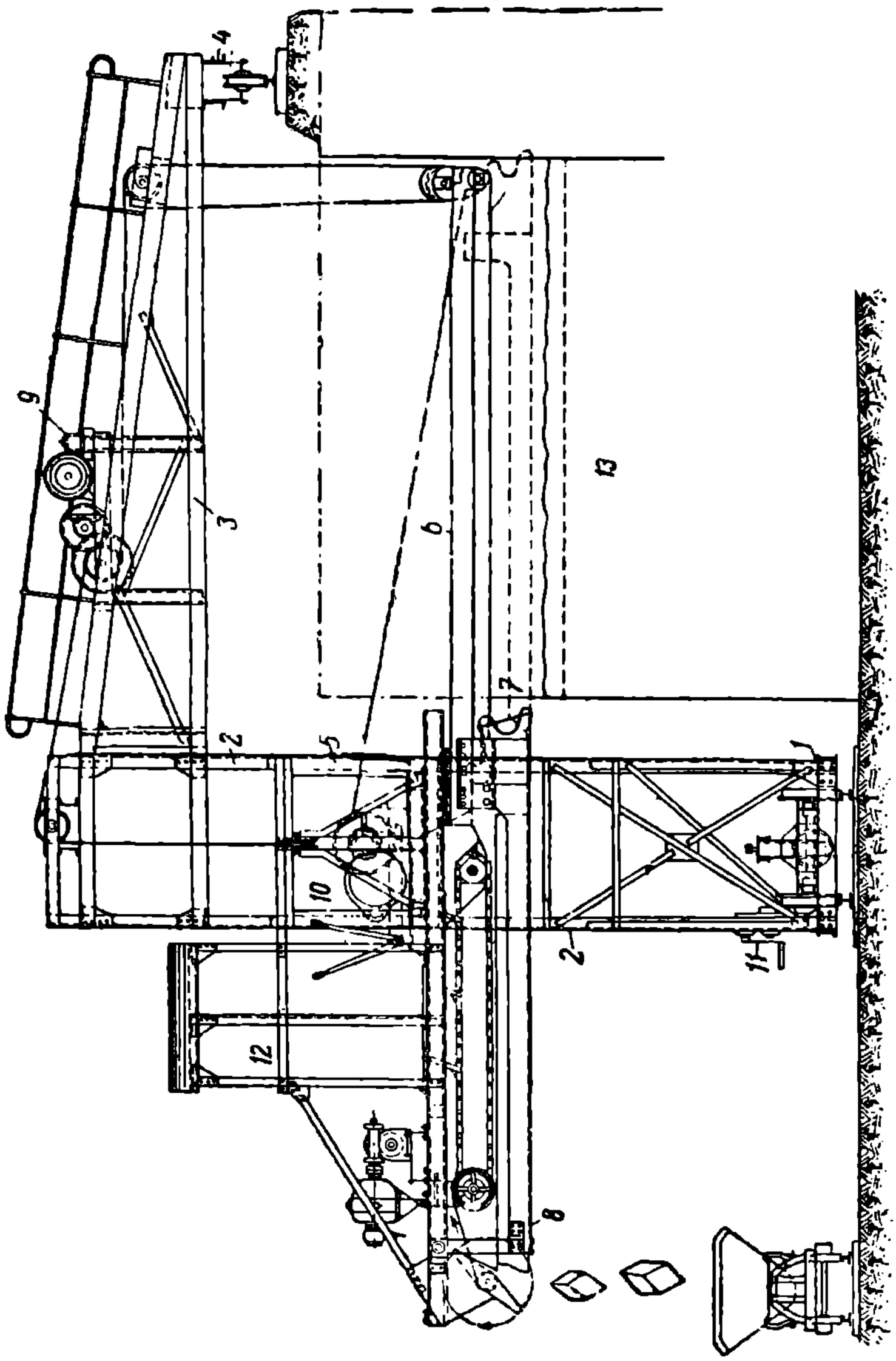


Рис. 15. Машина сист. «Сухно».

§ 4. Расчетные данные

Одноковшевые экскаваторы. Производительность одноковшевого экскаватора определяется количеством породы в куб. метрах, добытой

НБ УДУНТ (ДІІТ)

за определенный промежуток времени. Теоретическая производительность экскаватора выражается следующей формулой:

$$V = i \cdot n_1 \cdot 60.$$

Для определения действительной производительности экскаватора пользуются следующей формулой: [1]

$$V = \frac{60 \cdot i \cdot \psi \cdot n_1 \cdot \eta_ц \eta}{\mu} \ [м^3/час] .$$

Коэфициентом наполнения ψ называют отношение объема породы, находящейся в ковше, к теоретическому его объему. Коэфициент наполнения в значительной мере зависит от плотности породы. Чем плотнее грунт, тем меньше наполнение ковша. С другой стороны, степень наполнения ковша зависит от высоты забоя, и с увеличением высоты последнего увеличивается наполнение ковша, что регулируется изменением угла наклона стрелы экскаватора.

На степень заполнения ковша оказывают влияние емкость ковша и влажность породы. С увеличением емкости ковша увеличивается и толщина стружки породы. Последним обстоятельством и объясняется снижение коэфициента наполнения больших ковшей (свыше 3 $м^3$) при работе в плотных породах.

Значения коэфициента наполнения в среднем приведены в классификации грунтов.

Ч и с л о ч е р п а н и й (n_1). Рабочие скорости у экскаваторов с ковшом от 0,6 до 3,5 $м^3$, по данным фирмы «Менк» («Menck Hambrock»), приведены в табл. 6, причем цифры соответствуют продолжительной работе экскаватора на горизонтальной рабочей площади при нормальных условиях работы парового котла и обслуживающего персонала, с учетом простоев на передвижку экскаватора, на подачу топлива и воды и на смазку. Кроме того, принято во внимание обеспечение работы экскаватора откаточными путями по всей рабочей площадке и надлежащим количеством вагонов соответствующей емкости.

Таблица 6.

Емкость ковша $м^3$	Высота забоя $м$	Число черпаний в минуту при угле поворота	
		90°	180°
0,66	2,0—5,0	4,0—3,1	2,8—2,4
1,00	2,4—6,0	3,4—2,7	2,5—2,1
1,50	2,9—7,2	3,0—2,4	2,2—1,9
2,25	3,4—8,5	2,7—2,1	2,0—1,6
2,50	4,0—10,0	2,4—1,9	1,8—1,5

К о э ф и ц и е н т ч е р п а н и я $\eta_ц$. Плотные и вязкие грунты, в которых ковш экскаватора встречает большие сопротивления, способствуют уменьшению скорости черпания экскаватора за счет увеличения

[1] Н. П. В а г а н о в, Экскаваторы, «Строительные материалы» № 12, 1935.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

срока наполнения ковша. Кроме того, характер грунта оказывает влияние на продолжительность периода опоражнивания ковша. Вязкость породы, присутствие корней, крупных валунных камней и т. п. удлиняет время разгрузки вследствие прилипания или застревания материала в ковше, чем, в свою очередь, вызывается необходимость в лишних встряхиваниях ковша. Подобные задержки увеличивают продолжительность периода черпания и должны быть учтены коэфициентом черпания, значения которого, по наблюдениям Аллена и Андерсена, [1] в зависимости от характера грунта, от конструктивных особенностей аппарата и др. приведены в табл. 7.

К о э ф и ц и е н т р а з р ы х л е н и я μ. В процессе черпания ковшом породы таковая чрезвычайно разрыхляется, поэтому при подсчетах необходимо также учитывать коэфициент разрыхления, который в зависимости от качества грунта колеблется в широких пределах ($\mu = 1{,}1 \div 2{,}1$). Например, по данным Днепростроя для взорванного каменистого грунта (гранита значения $\mu = 1{,}5 \div 1{,}6$.

Таблица 7

Характер грунта	Коэфициент черпания
Рыхлый	1,0—0,8
Связно-глинистый . .	0,8—0,6
Обломочный .	0,6—0,4

К о э ф и ц и е н т и с п о л ь з о в а н и я э к с к а в а т о р а η находится в зависимости от квалификации обслуживающего персонала, с одной стороны, и от условий работы экскаватора — с другой.

Влияние степени квалификации персонала подтверждается наблюдениями, которые были произведены Алленом и Андерсеном над работой парового экскаватора с ковшом емкостью 0,57 $м^3$, при забое высотою в 1,6 *м*, при среднем угле поворота стрелы 90° при слабом грунте, когда в течение одной минуты производились четыре черпания. При этом было необходимо: нагрузить ковш в течение 4,5 сек., повернуть его к вагону — 4 сек., опорожнить — 1,5 сек. и повернуть в первоначальное рабочее положение — 5 сек. Ими же указывается, что приведенные величины скоростей были наибольшими, средняя же величина скорости черпания за смену равнялась трем черпаниям в одну минуту.

Влияние условий работы экскаватора сказывается на его производительности значительно сильнее, чем степень квалификации персонала. Самые разнообразные причины — передвижка экскаватора, подача топлива и воды, недостаток энергии, смазка механизмов, задержка в подаче подвижного состава, ремонт экскаватора, взрывные работы и др. — заставляют экскаватор прерывать работу.

Объединяя указанные причины простоев экскаватора в среднем, можно сказать, что коэфициент использования экскаватора составляет: $\eta = 0{,}70 \div 0{,}90$. При этом нужно заметить, что чем решительнее будут устранены мелкие организационные простои, тем выше будет коэфициент использования.

Пример 1. Определить производительность одноковшевого экскаватора в $м^3/час$ для связно-глинистого грунта, для угла поворота стрелы

---

[1] W. A l l e n and A. A n d e r s e n, Shovel and Transportation Efficiency in stripping; Rock Products; 1928, № 6.

НВ УДУНТ (ДІІТ)

90°, если емкость ковша $i = 2{,}25$ $м^3$, коэфициент наполнения ковша $\psi = 0{,}6$; скорость черпания $n_1 = 2{,}1$; коэфициент черпания $\eta_ч = 0{,}6$; коэфициент разрыхления $\mu = 1{,}6$; коэфициент использования $\eta = 0{,}8$.

$$V = \frac{60 \cdot i \cdot \psi \cdot n_1 \cdot \eta_ч}{\mu} \cdot \eta = \frac{60 \cdot 2{,}25 \cdot 0{,}6 \cdot 2{,}1 \cdot 0{,}6}{1{,}6} \cdot 0{,}8 = 51 \ м^3/час.$$

Средняя фактическая производительность одноковшевых экскаваторов при разработке различных пород, при емкости ковша 2,5—3,0 $м^3$, на 1 час рабочего времени составляет:

для скалистых грунтов .	40 $м^3$
глинистых	90 „
рыхлых	. 120 „

Расход каменного угля для экскаваторов с емкостью ковша от 1,9 до 2,3 $м^3$ на 1 $м^3$ породы в плотной массе выражается:

для рыхлых материалов (песок и гравий) .	1,8—2,2 *кг*
„ глинистых „ .	2,5—3,5 „
скалистых	4,5—5,5 „

Расход воды для паровых экскаваторов составляет 7—8 $м^3$ на каждую тонну потребляемого угля. Расход смазочных и обтирочных материалов на 1 *т* потребляемого угля составляет:

мазута или нефтяных остатков .	. 5,0—6,0 *кг*
мази . .	. 0,5—1,0 „
керосина . . .	. 0,5—1,0 „
ветоши и концов	. 0,6—1,2 „

Расход электроэнергии для экскаваторов, работающих на переменном токе, колеблется от 0,3 до 0,7 kWh на 1 $м^3$ породы в зависимости от ее крепости; при использовании двигателей с постоянным током расход электроэнергии немного уменьшается.

Расход на ремонт экскаваторов в год колеблется от 8 до 16% первоначальной его стоимости в зависимости от свойства разрабатываемой породы, качества обслуживания механизмов, продолжительности службы экскаватора и от других причин.

Обслуживающий персонал состоит из верхней бригады в составе двух машинистов и одного кочегара (для парового привода) и нижней бригады в составе 6—10 рабочих при экскаваторе на железнодорожном ходу и 3—4 рабочих при экскаваторе на гусеничном ходу. Функции нижней бригады: настил путей для экскаваторов, укрепление и установка его на месте добычи, снабжение топливом и водой экскаватора с паровым приводом или обслуживание кабеля при экскаваторе с электрическим приводом.

Стоимость разработки колеблется в значительных пределах в зависимости от местных условий и организации работ; ориентировочно эти пределы составляют от 40 до 80 коп. за 1 $м^3$.

Применение экскаваторов для разработки месторождений считается целесообразным, когда в одном месте сосредоточены работы по экскавации объемом не менее 200 000 $м^3$ в массиве.

Многоковшевые экскаваторы. Теоретическая производительность многоковшевого экскаватора зависит от емкости ковша и числа опорожнений их в минуту и выражается следующей формулой:

$$V = t \cdot n_1 \cdot 60 \ [м^3/час].$$

ГИНТ
БИБЛИО

НВ
ГИНТ
(ДІТ)

Число опорожнений ковшей в минуту зависит от скорости движения цепи v и от длины цепи между ковшами (шага ковшевой цепи), т. е. от произведения: $l \cdot m$.

Эта зависимость может быть выражена формулой:

$$n = \frac{60 \cdot v}{m \cdot l}.$$

Подставляя значение в формулу, получим:

$$V = \frac{60 \cdot 60 \cdot v \cdot i}{m \cdot l} \; [м^3/час].$$

Для исчисления фактической производительности экскаватора необходимо в формулу ввести поправочные коэфициенты: ψ — коэфициент наполнения ковша, который в зависимости от свойств грунта колеблется: для рыхлых пород от 0,8 до 1,0, для связно-глинистых — от 0,6 до 0,8 и для скальных от 0,4 до 0,5; η — коэфициент использования экскаватора, значение которого колеблется в широких пределах от 0,75 до 0,95; μ — коэфициент разрыхления.

Введя эти коэфициенты в формулу, можно действительную производительность экскаватора выразить следующей формулой:

$$V = \frac{60 \cdot 60 \cdot v \cdot i \cdot \psi \cdot \eta}{m \cdot l \cdot \mu} \; [м^3/час].$$

Пример 2. Определить производительность экскаватора системы «Красный кирпичник» (завод «Красный кирпичник») в $м^3/час$, имеющего 18 шт. ковшей, емкостью 0,02 $м^3$ каждый, с коэфициентом наполнения $\psi = 0{,}8$, при следующих условиях: скорость движения ковшевой цепи $v = 0{,}26$ $м/сек$, число звеньев $m = 6$, длина звена $l = 0{,}2$ $м$, коэфициенты: $\eta = 0{,}85$; $\mu = 1$.

$$V = \frac{60 \cdot 60 \cdot v \cdot i \cdot \psi \cdot \eta}{m \cdot l \cdot \mu} = \frac{60 \cdot 60 \cdot 0{,}26 \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}85}{6 \cdot 0{,}2 \cdot 1} = 10{,}6 \; м^3/час.$$

При погрузке и откатке породы в вагонах необходимо, чтобы линейная емкость вагонов поезда соответствовала линейной производительности[1] экскаватора. Аокерблом эту зависимость выражает следующей формулой:

$$\frac{i_1}{l_1} = \frac{i \cdot n \cdot \psi}{v_1},$$

где i_1 — емкость вагона; l_1 — длина вагона, включая буферы и промежуточное пространство между ними, в метрах, а v_1 — скорость движения экскаватора в $м/мин$.

Расход смазочных и обтирочных материалов для многоковшевого экскаватора колеблется от 1,6 до 3,3 $кг$ на 1000 $м^3$ добытой породы, расход электроэнергии для экскаваторов, работающих на постоянном токе, колеблется от 0,3 до 0,5 kWh на 1 $м^3$ породы в зависимости от ее крепости; при употреблении двигателей с переменным током расход электроэнергии незначительно увеличивается.

---

[1] Производительность экскаватора во время прохода им единицы пути (1 $м$) вдоль забоя.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Расход на ремонт экскаватора в год колеблется от 8 до 20% первоначальной его стоимости, в зависимости от свойства разрабатываемой породы, качества обслуживания механизмов, продолжительности службы экскаватора и других причин.

Обслуживающий персонал для электрических экскаваторов состоит из 3 человек в верхней бригаде и из 6—7 человек в нижней.

Из предыдущего следует, что основными элементами, определяющими производительность экскаваторов, будут:

1) емкость ковша экскаватора;

2) продолжительность одного цикла, которая может изменяться в зависимости от несоответствия размеров ковша экскаватора с емкостью вагонетки, от недостаточной квалификации машиниста, от недостаточности режущего усилия зубьев ковша; при этом увеличение продолжительности цикла может быть достигнуто при проведении следующих мероприятий:

а) разрыхление породы взрывчатыми веществами в тех забоях, где работают экскаваторы с небольшим режущим усилием;

б) бесперебойная подача порожняка к экскаватору;

в) обучение машинистов экскаваторов правильным приемам работы;

г) введение в практику работы экскаваторов передвижного бункера;

3) наполнение ковша (при употреблении для погрузки экскаваторов с большим ковшом в вагонетки малой емкости вопрос о степени наполнения ковша связывается несколько с кратностью погружаемых в вагон ковшей);

4) использование экскаваторов во времени (в сутки, в смену).

Для увеличения производительности экскаватора за счет использования экскаваторов во времени необходимо свести к минимуму:

а) осмотр и ремонт экскаватора;

б) простои по условиям транспорта;

в) простои по условиям горных работ;

г) простои по снабжению энергией.

Отраслевой конференцией по нерудной промышленности в г. Сталино принято 285 рабочих суток для экскаваторов, на основании следующего расчета простойных дней:

выходных суток и революционных праздников . .	60
капитальный ремонт	20

§ 5. Нормы производительности, установленные конференцией

Конференцией по экскаваторным нормам, работавшей при тресте Союзэкскавация (февраль 1936 г.), утвержден годовой режим работы экскаваторов, причем при установлении годовых норм выработки экскаваторов конференция приравняла экскаваторы и все обслуживающие их транспортные устройства к установкам заводского типа.

Установленный на 1936 г. годовой режим работы экскаваторов в часах дается в табл. 8.

Годовые нормы даются по трем поясам: северный, средний и южный, а также по видам работ и оборудования в разных категориях грунтов. Нормы эти отнесены к 1 $м^3$ ковша и приводятся в табл. 9.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 8

Годовой режим работы экскаваторов в часах
(Единые нормы выработки в часах)

Элементы времени	Передвижные экскаваторы			Стационарные экскаваторы		
	Районы					
	Северный	Средний	Южный	Северный	Средний	Южный
Рабочее время . . .	3400	4000	4200	4600	4700	4900
Крепежный ремонт . .	680	800	840	920	940	980
Текущий ремонт, промывка	864	1008	1008	1416	1296	1224
Переход из забоя в забой .	432	456	480	360	408	288
Монтаж и демонтаж .	432	432	432	—	—	—
Переброски снарядов	600	600	480	—	—	—
Годовой ремонт	1152	1152	1152	1152	1152	1152
Непогода . .	192	192	48	192	144	96
Праздники .	120	120	120	120	120	120
Зимняя консервация .	888	—	—	—	—	—
Итого	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760

Таблица 9

Годовые нормы в тысячах куб. метров

Виды работ	Коэфициент выработки	Категория грунтов	Передвижные экскаваторы			Стационарные экскаваторы		
			Районы					
			Северный	Средний	Южный	Северный	Средний	Южный
Механическая лопата а) в отвал .	1,3	I—II	224	266	307	280	298	330
б) на транспорт .	1,3	I—II	148	175	208	192	196	230
Драглайн в отвал .	1,2	I—II	144	172	221	180	190	227
Механическая лопата а) в отвал .	1,0	III	172	206	236	215	229	262
б) на транспорт . .	—	—	114	135	160	140	151	177
Драглайн в отвал . .	1,0	III	120	141	170	150	158	189
Механическая лопата а) в отвал .	0,68	IV	117	139	160	146	156	178
б) на транспорт . .	0,75	IV	85	101	120	105	113	138
Драглайн в отвал	0,85	IV	102	121	144	127	134	161
Механическая лопата на транспорт .	0,5	скала	57	68	80	70	76	89

Кроме годовых норм, конференция установила также месячные нормы. Они исходят из годовых, но с учетом продолжительности рабочего времени, запланированного в годовом режиме. Таким образом месячные нормы получаются путем деления годовой нормы не на 12 месяцев, а на 8 или 9 месяцев, в зависимости от климатического пояса.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Месячные нормы приводятся в табл. 10.

Таблица 10

Месячные нормы в тысячах куб. метров

Виды работ	Коэфициент выработки	Категория грунтов	Передвижные экскаваторы			Стационарные экскаваторы		
			Районы					
			Северный	Средний	Южный	Северный	Средний	Южный
Механическая лопата								
а) в отвал .	1,3	I-II	30,6	33,8	37,0	29,2	32,6	37,0
б) на транспорт . .	1,3	I-II	20,2	21,4	25,3	20,2	20,8	25,4
Драгляйн в отвал .	1,2	I-II	19,6	21,0	25,2	19,6	21,0	25,2
Механическая лопата								
а) в отвал .	1	III	23,5	26,0	28,5	22,5	25,0	28,5
б) на транспорт . .	1	III	15,5	16,5	19,5	15,5	16,0	19,5
Драгляйн в отвал .	1	III	16,5	17,5	21,0	16,5	17,5	21,0
Механическая лопата								
а) в отвал . .	0,68	IV	16,0	17,7	19,4	15,3	17,0	19,4
б) на транспорт . .	0,75	IV	11,6	12,4	14,6	11,6	12,0	14,6
Драгляйн в отвал .	0,85	IV	14,0	14,9	17,9	14,0	14,9	17,9
Механическая лопата на транспорт .	0,5	скала	7,75	8,25	9,75	7,75	8,00	9,75

Примечание. В нормах 1936 г. для механизированной добычи сырья приняты следующие категории:
1) песчаные грунты (I и II категория для ручной разработки);
2) глинистые грунты (III и IV категория для ручной разработки);
3) скальные грунты (V и VI категория для ручной разработки).

Конференцией даны указания на то, что принятые нормы не являются пределом, и в дальнейшем работники данной отрасли добьются значительного перевыполнения приведенных норм.

НБ УДУНТ (ДІТ)

ГЛАВА ВТОРАЯ

ТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА

§ 1. Значение транспорта и классификация

Расходы по заводскому транспорту оказывают большое влияние на себестоимость продукции. При исчислении себестоимости транспортные расходы либо объединяются под рубрикой «накладные расходы», либо распределяются по отдельным элементам себестоимости (сырье, топливо, полуфабрикаты и т. д.), участвуя одновременно и в так называемых «скрытых» издержках производства, ибо лишь немногие заводы более или менее точно учитывают свои транспортные расходы. В результате такого положения действительные издержки транспортирования материалов остаются невыявленными и им не уделяют достаточного внимания. Между тем всякое улучшение заводского транспорта имеет целью снижение себестоимости продукции.

Поэтому при рассмотрении транспортных операций необходимо учитывать следующие основные экономические и технические факторы:

1) Экономические:

а) срок амортизации (естественный износ или ограничение сроком существования предприятия);

б) степень использования установки;

в) стоимость энергии, рабсилы, ремонта и смазки;

г) стоимость наиболее изнашивающихся частей.

2) Технические:

а) род и свойства материалов, подлежащих перемещению транспортером (крупность кусков, степень крепости, степень твердости, степень влажности, температуру и т. д.);

б) потребную производительность установки;

в) длину и направление пути перемещения;

г) способы хранения материала, подачу его на транспортер и выгрузку;

д) прочие условия, зависящие от различных причин местного значения (работу в закрытом помещении или на открытом складе — смерзание и т. п.);

е) согласованность работы транспортных устройств с работой оборудования;

ж) безопасность работы для обслуживающего персонала.

По характеру перемещаемых грузов транспортное оборудование подразделяется на оборудование для сыпучих грузов и оборудование для штучных грузов.

По направлению перемещения грузов и способу действия транспортные средства различают:

1) для горизонтального и слабо наклонного перемещения;
2) для вертикального и сильно наклонного перемещения;
3) для смешанного —горизонтального и вертикального—перемещения.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Каждый из этих механизмов по способу действия в свою очередь подразделяется на действующие периодически или непрерывно.

По роду привода все оборудование разделяется на:

1) самотечные (гравитационные) устройства,
2) механизмы ручного действия,
3) механизмы с приводом от двигателя.

В дальнейшем оборудование заводского транспорта мы будем рассматривать по роду привода и притом только то, с которым преимущественно приходится встречаться в промышленности строительных материалов. Для удобной характеристики транспортных устройств нами приведена классификация таковых (см. таблицу 11).

Таблица 11

Классификация транспортных устройств

Классификация по роду привода			Самотечные устройства	Механизмы ручного действия	Механизмы с приводом от двигателя
Классификация по направлениям перемещения и способам действия	Механизмы для горизонтального и слабо наклонного перемещения	периодического действия	—	Роликовые ломы, аншпуги, тележки, вагонетки	Автовозы, автотележки, подвесные тележки, скреперы, лопаты, подъемники, шпили
		непрерывного действия	Роликовые транспортеры	—	Транспортеры ленточные, пластинчатые, скребковые, винтовые, с колебательным движением, спиральные
	Механизмы для вертикального и сильно наклонного перемещения	периодического действия	—	Домкраты, блоки, подъемники	Штабелеукладчики, подъемники
		непрерывного действия	Трубы, лотки, спиральные спуски	—	Элеваторы
	Механизмы для смешанного перемещения	периодического действия	—	Лебедки, краны, подъемные вагонетки	Лебедки, краны грейферные, деррик и др.
		непрерывного действия	—	—	Конвейеры, насосы воздушные и гидравлические

§ 2. Самотечные устройства и механизмы ручного действия

1. Самотечные устройства

Устройства, в которых перемещаемый материал движется под действием силы тяжести, называются самотечными (гравитационными).

НВ УДУНТ (ДІІТ)

Они являются наиболее экономичными транспортными средствами, так как не требуют применения физической силы, а также никаких силовых установок.

В зависимости от назначения этих устройств и направления перемещения материалов, их разделяют на роликовые транспортеры, трубы, лотки и спиральные спуски.

Роликовый транспортер, изображенный на рис. 16, состоит из роликов, свободно вращающихся на осях, прикрепленных к поддерживающей станине; по роликам передвигаются грузы. Оси роликов горизонтальны, но станина устанавливается с небольшим наклоном от 3 до 5%. Транспортеры устраиваются как стационарные, так и передвижные.

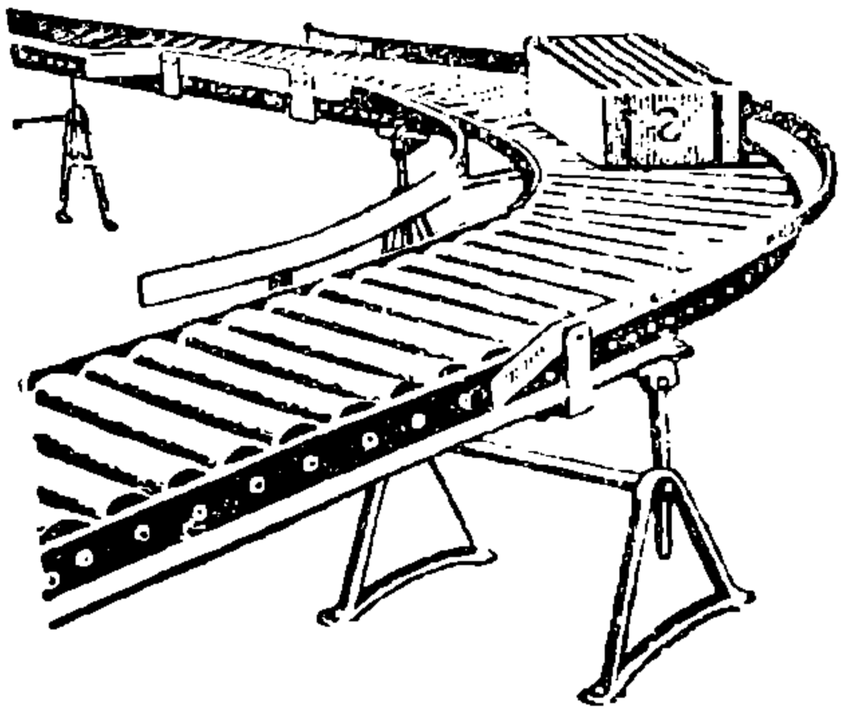


Рис. 16. Роликовый транспортер.

Данные для роликовых транспортеров приведены в табл. 12.

Для перемещения пылящих сыпучих и кусковых материалов применяются трубы, а для перемещения штучных грузов и непылящих кусковых материалов употребляются спускные лотки или желоба.

Таблица 12

Данные для роликовых транспортеров

Назначение	Длина ролика *мм*	Расстояние между роликами *мм*	Уклон %
Для погрузочных транспортеров	350—450	100	—
Для кирпича и черепицы	300—350	70—100	0,04—0,06
Для ящиков с бутылками	350—400	75—100	0,05—0,08
Для стекла в ящиках, решетках и др. .	400—600	150—250	0,03—0,06

Трубы изготовляются как деревянные, так и металлические круглого или прямоугольного сечения. В случае деревянных труб последние делаются из досок толщиной 20—25 *мм*, соединенных в шпунт и скрепленных гвоздями или шурупами. Для уменьшения силы трения, возникающего между материалом и стенками трубы, нижние стенки иногда покрываются жестью.

Материалом для металлических труб служит обычно листовое железо толщиной от 2 до 5 *мм*.

При изготовлении длинных труб (более 3 *м*) рекомендуется делать по высоте один или несколько смотровых люков, через которые в случае закупорки можно было бы пробить скопившийся материал. Трубы применяются для спуска груза вниз в том случае, когда спуск требуется произвести быстро и высота падения материала не отражается на его каче-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

стве. На заводах очень часто пользуются трубами для отвода дробленых или размолотых материалов в бункеры и т. п.

Лотки или наклонные спускные жолобы служат для перемещения штучных и непылящих кусковых грузов из одного места к другому.

Угол наклона лотка зависит от многих причин, как то: состояния направляющей поверхности, величины конечной скорости груза, свойств материала и от угла трения. Если перемещаемый груз отличается хрупкостью, быстрое движение и резкая остановка его в конце лотка не допускаются, то угол наклона следует выбирать такой, чтобы груз скользил по лотку со скоростью, не оказывающей вредного влияния на качество перемещаемого материала.

Наоборот, если перемещаемый груз не боится и быстрого спуска по лотку и резких остановок в конце, можно применять крутые уклоны, под большим углом, и соответственно этому увеличивать скорость и производительность лотка.

Изготовляются лотки как деревянные, так и металлические.

Кроме спускного лотка часто применяется так называемый винтовой спуск. Последний представляет собой лоток, поперечные размеры которого немного превышают размеры предметов, для которых он предназначен. Лоток изогнут по винтовой линии, причем наклон средней линии винта должен быть несколько больше угла трения, что обеспечивает скольжение груза вниз. Обыкновенно последний виток винтового спуска делается с меньшим уклоном, чем весь винтовой спуск; этим достигается уменьшение скорости спускаемых грузов в конце спуска. По винтовым спускам рекомендуется транспортировать грузы, не боящиеся легких толчков или ударов. Винтовые спуски изготовляются либо деревянные, либо металлические.

2. Механизмы ручного действия

Вполне понятно, что сложные по конструкции, дорогостоящие механизмы, обладающие большой производительностью, могут быть применимы лишь в тех операциях, которые требуют большой производительности. Для небольших предприятий, грузооборот которых незначителен, оборудование сложными и дорогостоящими механизмами нецелесообразно. В подобных случаях для ускорения и облегчения транспортных операций вполне уместно рекомендовать более простые механизмы и приспособления, которые при надлежащем внимании к ним и при соответствующем использовании всегда дадут должный эффект.

Будучи рассчитаны на обслуживание вручную, эти механизмы ускоряют процессы транспортировки, уменьшают количество потребной рабсилы, обеспечивают безопасность работ; простота же устройства, незначительный уход и возможность изготовления их местными средствами обеспечивают им широкое распространение.

Из всех механизмов и приспособлений, встречающихся в различных производствах, рассмотрим наиболее часто встречающиеся в нашей промышленности: роликовые ломы, аншпуги, тележки, вагонетки, домкраты и блоки.

Роликовый лом отличается от обычного лома тем, что к откованному в форме лопатки и изогнутому концу его прикреплена ось с насаженными на ней двумя роликами, удерживаемыми на ней шайбами и шплинтами. Для предупреждения скольжения груза во время работы наружная по-

УДУНТ НБ (ДІІТ)

верхность лопатки покрывается насечкой, рукоятка же лома делается слегка изогнутой.

Для перемещения груза лопатку лома подводят под груз и приподнимают его, отклоняя рукоятку вниз.

При работе трех ломов груз уже не будет касаться поверхности пола или земли и может быть легко доставлен по назначению.

Разновидностью роликового лома является аншпуг, состоящий из трех рычагов, шарнирно связанных между собой, и предназначенный для передвижения вагонов вручную.

При помощи роликовых ломов возможно перемещать грузы весом приблизительно до одной тонны.

Ручные тележки применяют для перемещения грузов на небольшие расстояния по безрельсовым путям. Тележки бывают одноколесные (тачки) и двухколесные (известны под названием «медведки»).

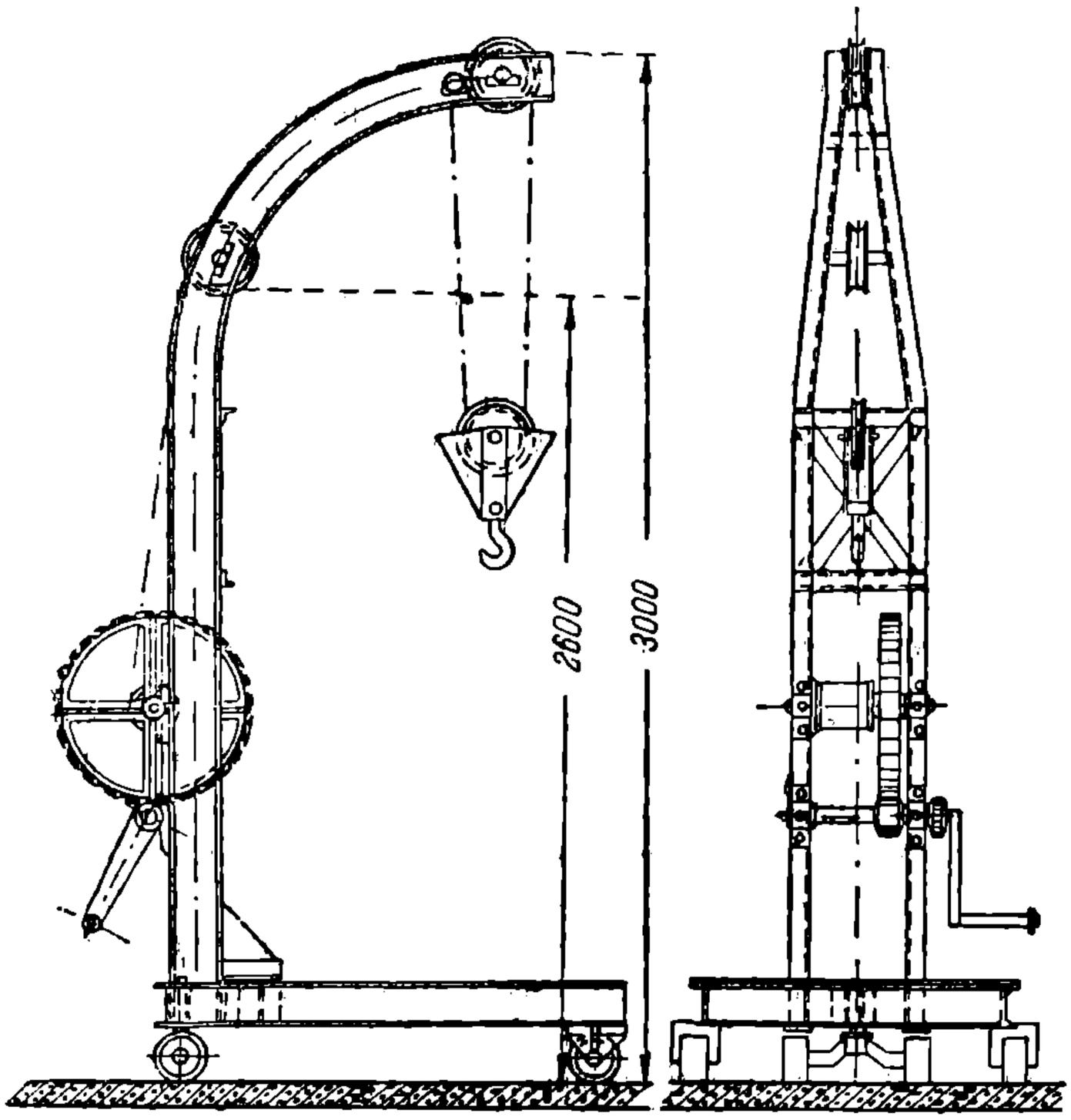


Рис. 17. Тележка с краном.

Грузоподъемность одноколесных тележек составляет около 170 *кг* при собственном весе около 35 *кг*, а грузоподъемность двухколесных тележек составляет около 500 *кг* при собственном весе около 65 *кг*.

При употреблении тележек не следует забывать, что перевозить груз легче в том случае, когда он помещен возможно ближе к козырьку тележки. Подшипники колес необходимо регулярно осматривать, очищать и смазывать.

В тех случаях, когда перемещение грузов производится на большие расстояния, употребление тележек, передвигающихся по безрельсовым путям, оказывается малопроизводительным и дорогим. В таких случаях целесообразно заменять тележки вагонетками, которые передвигаются по рельсовым путям.

Вагонетки делаются узкоколейными для стандартной ширины колеи 750 *мм*.

В случае перевозки тяжелых грузов применяют тележку с краном, изображенную на рис. 17.

Соединение разных линий путей осуществляется при помощи стрелочных переводов, а при стесненности площади — поворотными кругами.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

В некоторых случаях поворотные круги заменяются передаточными платформами (известными под названием «шибебюне»).

Вагонетки являются подвижным составом для узкоколейных путей. Вагонетки различают с опрокидным кузовом, перевозящие навалочные грузы, и с платформами, приспособленные для перевозки штучных и тарных грузов.

Для перевозки сырца применяют этажные и карусельные вагонетки системы К. Келлера. Этажная вагонетка состоит из рамы, на которой установлен стояк с системой горизонтальных кронштейнов; стояк может приподниматься и опускаться помощью рычага, укрепленного сбоку вагонетки.

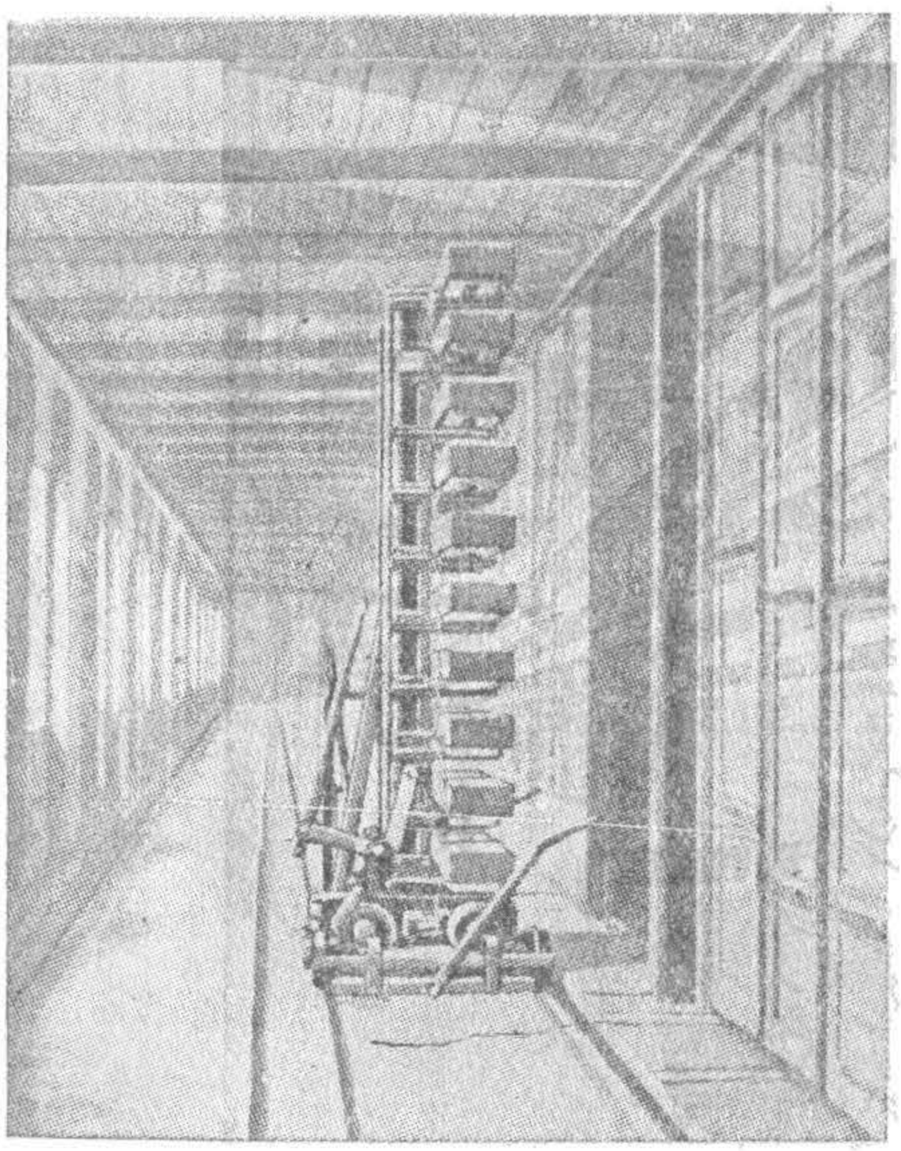


Рис. 18. Этажная вагонетка.

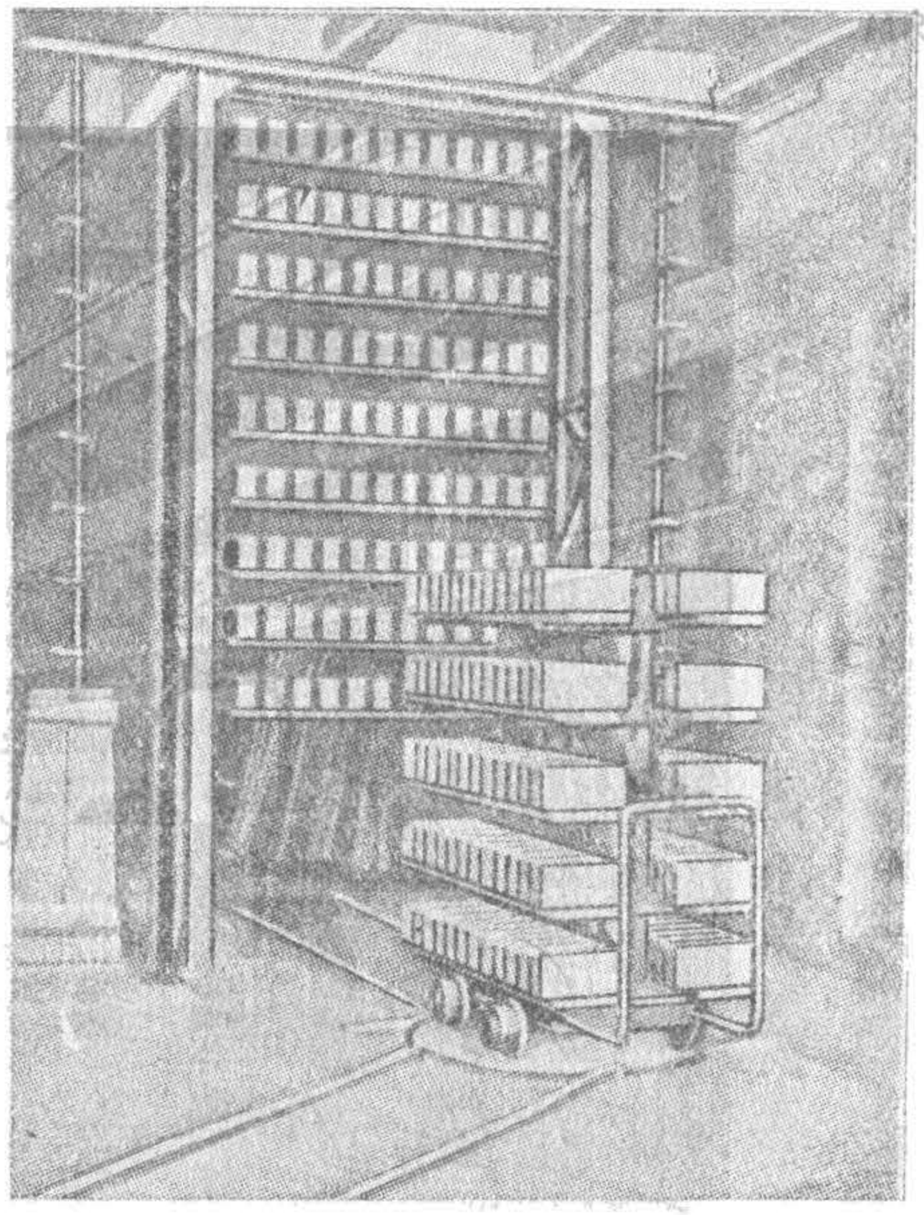


Рис. 19. Карусельная вагонетка.

Этажная вагонетка изображена на рис. 18.

Карусельная вагонетка также состоит из рамы, на которой установлен стояк с кронштейнами, но стояк здесь не подъемный, а может вращаться вокруг вертикальной оси. Кронштейны у этой вагонетки расположены с двух сторон.

Работа этажной и карусельной вагонеток может производиться при условии обеспечения их так называемыми колонными подъемными и спускными устройствами.

Вид карусельной вагонетки и колонного спуска показан на рис. 19.

Нагрузка материала на вагонетку происходит следующим образом. Пустая вагонетка вводится в колонный спуск таким образом, чтобы пять пар кронштейнов стояка подходили под пять нижних рамок, установленных на колонном спуске. При включении механизма спуска упомянутые рамки спускаются на несколько сантиметров и садятся на кронштейны с одной стороны вагонетки. Затем выдвигают вагонетку из спуска, поворачивают стояк на 180° и снова вводят другую порожнюю сторону

НБ УДУНТ (ДІІТ)

в спуск, который за это время опускается на высоту вынутых из него пяти рамок; эту сторону загружают так же, как и первую. Если теперь повернуть стояк вагонетки на 90° так, чтобы рамки заняли положение, параллельное рельсовому пути, то вагонетка может пройти свободно в низких и узких местах.

Достоинство перемещения материалов на указанных вагонетках заключается в том, что совершенно исключается возможность соприкосновения материала с руками, вследствие чего изделия сохраняют приданную им первоначальную форму.

Среди транспортных приспособлений большое распространение имеют подвесные вагонетки, передвигающиеся по подвесным путям.

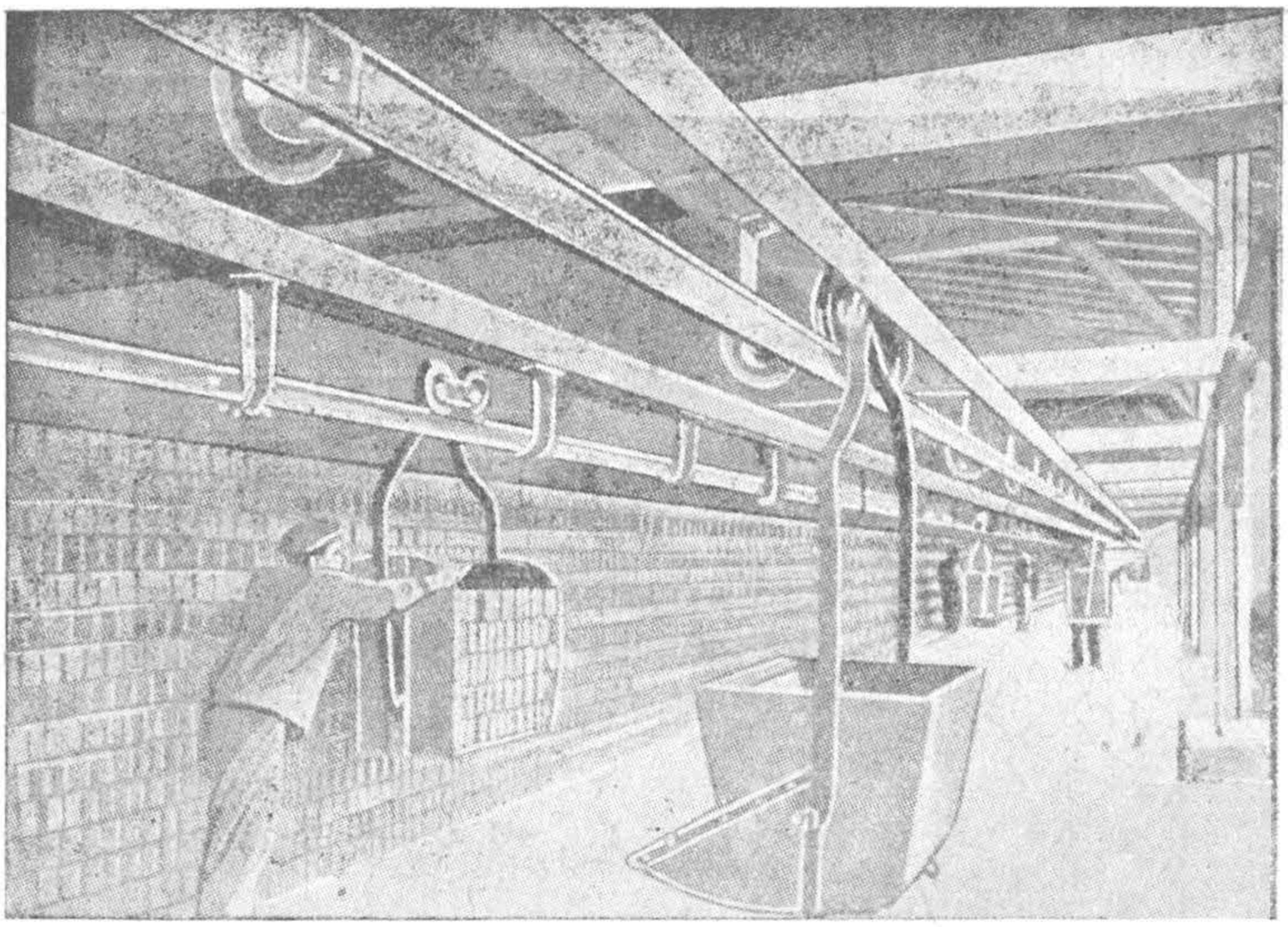


Рис. 20. Подвесная вагонетка.

Подвесные вагонетки изготовляются для жесткого и гибкого строения пути.

При жестком строении пути используются либо рельсы различных профилей, либо тавровые, двутавровые или швеллерные балки.

При гибком строении пути применяются канаты.

И в том и в другом случае вагонетки подвесных путей подвешиваются к путевому рельсу или канату и, будучи одинаковыми по устройству кузовов или грузовых платформ, отличаются лишь конструкцией ходовых частей. Подвесные пути бывают однорельсовые и двухрельсовые. Наибольшее распространение на наших заводах имеет однорельсовый (иначе называемый «монорельсовый») путь. Он составлен обычно из двутавровых балок и подвешен к потолочным балкам при помощи железных скоб или приклепан к заделанным в стену консолям. Однорельсовый путь располагается обычно на высоте не меньше 2 *м* над уровнем пола, горизонтально или с уклоном 0,5—1,0. Для кривых участков пути, в зависимости от конструкции ходовых частей вагонетки, допускаются закругления ра-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

диуса до $1^1/_2$ *м*, практически же, в целях уменьшения сопротивления и сходов вагонетки с рельсов, рекомендуется принимать радиусы закруглений в пределах 2—3 *м*. Переход вагонеток с одного пути на другой осуществляется при помощи стрелочных переводов или поворотных кругов.

На рис. 20 изображен общий вид подвесной вагонетки.

Домкраты бывают с зубчатой рейкой, винтовые и гидравлические.

Домкрат с зубчатой рейкой состоит из деревянной или металлической станины, передвижной зубчатой рейки, рукоятки и передаточных шестерен. Материалом для шестерен и для зубчатой рейки служит сталь.

В действие реечный домкрат приводится от руки; в случае выскакивания рукоятки из рук рабочего или выпадения предохранительной собачки из храповика может произойти несчастный случай; поэтому предпочтительно делать домкраты с безопасной рукояткой.

Винтовой домкрат состоит из стальной станины, в верхнюю часть которой вставляется бронзовая или чугунная гайка. В гайку пропускается стальной винт, на верхнюю часть которого насажена рифленая опорная головка для груза. Ниже головки в стержне винта просверливается отверстие, в которое вставляется рукоятка для вращения винта.

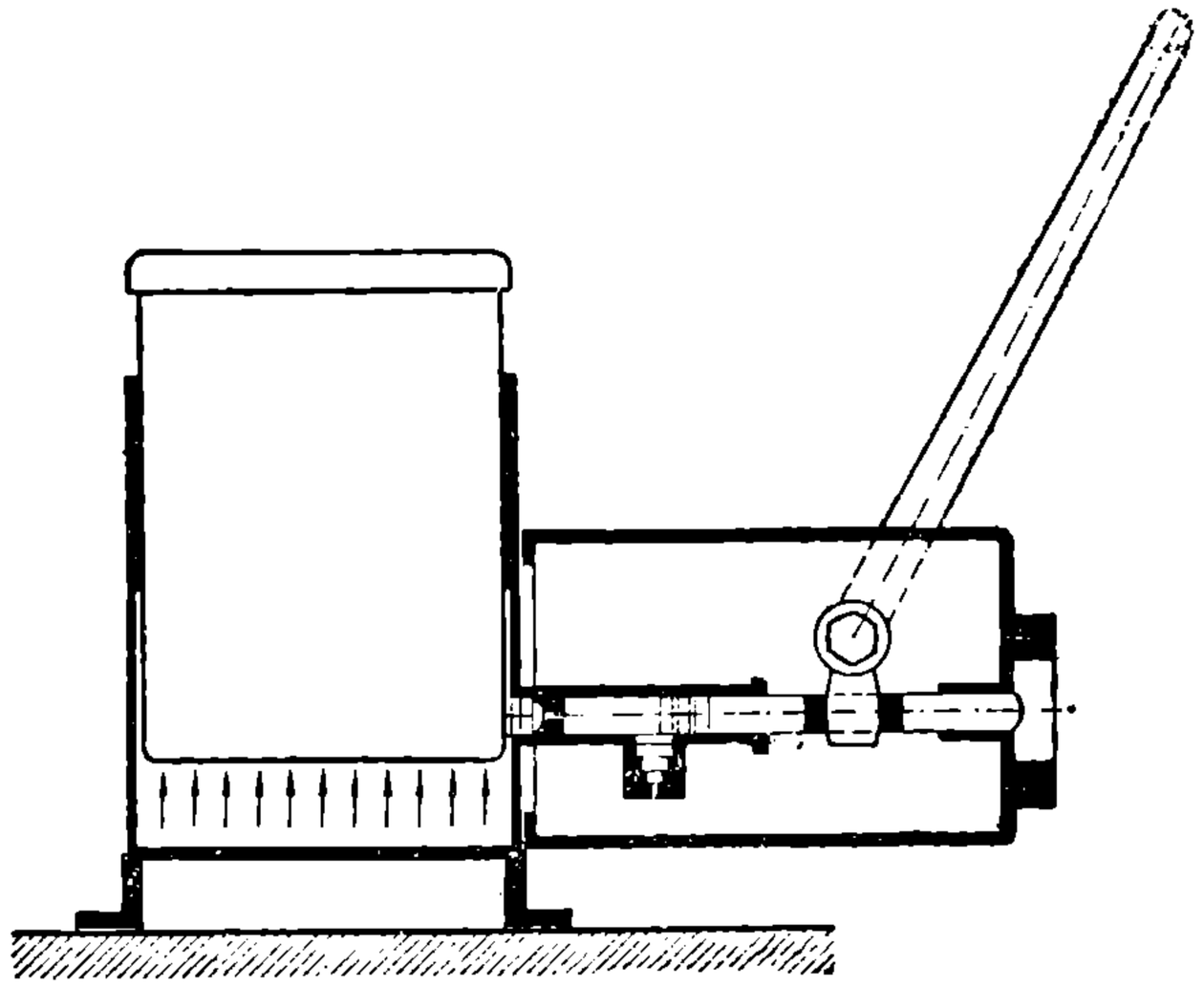


Рис. 21. Гидравлический домкрат.

Для того чтобы рабочий при подъеме и спуске груза не ходил кругом домкрата, устраивают так называемую трещотку.

Винтовой домкрат в работе безопаснее реечного, так как при удержании и опускании груза он не требует стопорных приспособлений в виду применения самотормозящего винта; недостатком его является небольшой коэфициент полезного действия и малая скорость подъема груза.

Гидравлический домкрат основан на способе передачи больших давлений в сообщающихся сосудах. Гидравлический домкрат представляет грузоподъемную машину незначительных размеров с малым весом и служит для подъема груза до 300 *т* на небольшую высоту.

Материалом как для стенок сосуда, так и для поршня служит лучшая сталь.

Устройство гидравлического домкрата показано на рис. 21.

Высота подъема груза домкратами обычно незначительна (300—400 *мм*). В случаях необходимости получения больших подъемов по высоте домкраты заменяют блоками.

Данные для домкратов см. табл. 13.

НВ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 13

Данные для домкратов различных типов

Тип	Грузоподъемность в *т*	Высота домкрата в *мм*	Высота подъема в *мм*	Вес в *кг*	Размеры в *мм*	Примечание	Коэфициент полезного действия
Реечный	4	750	460	30	52 × 29	Размеры относятся к рейке (длина и ширина)	0,4—0,6
	10	780	450	45	62 × 34		
	17	830	440	70	72 × 45		
Винтовой	2	280	110	6	38	Размеры относятся к диаметру винта	0,25—0,35
	5	460	230	12	50		
	10	585	300	26	60		
	25	610	310	45	80		
Поршневой гидравлический	7	240	155	35	335 × 135	Размеры относятся к домкрату (длина и ширина)	0,5—0,7
	30	250	„	50	365 × 170		
	50	270	„	90	420 × 225		
	100	300	„	140	465 × 270		
	200	330	„	310	515 × 375		
	300	380	„	500	640 × 445		

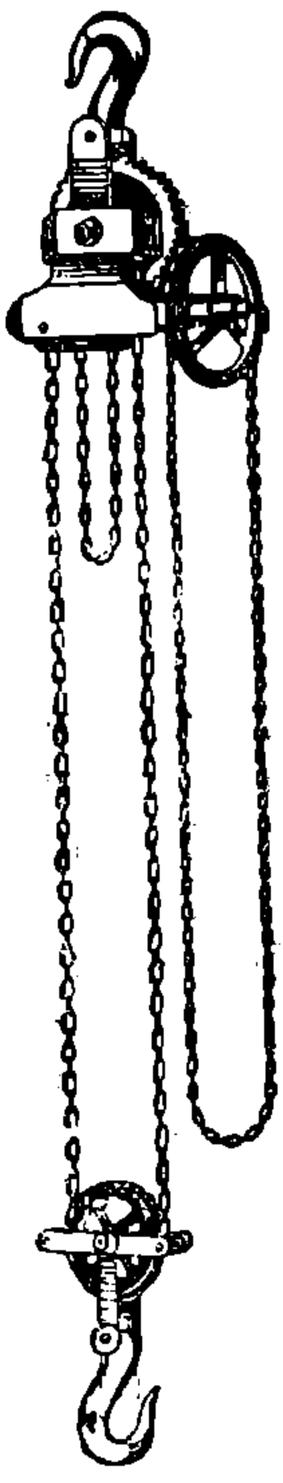


Рис. 22. Блок.

Блоки. Из всех известных подъемных блоков наибольшим распространением пользуются блоки системы Людерса, изготовляемые заводом «Красный блок» в Москве. Они подвешиваются к скобам, прикрепленным к потолку, или к кронштейнам столбов при помощи подвесных крюков.

Простые по конструкции и не требующие почти никакого ухода за собой, эти блоки легко переносятся с места на место. Блок, изображенный на рис. 22, состоит из трех основных частей: подвесного крюка, подъемной части и грузового крюка. Подъемная часть в свою очередь состоит из двух боковых щек, в которых укреплены червячная шестерня со звездочкой, червяк с тормозным храповым колесом, с собачкой и приводным колесом. Через звездочку перекинута грузовая цепь. Сбегающий со звездочки конец цепи висит свободно, набегающий же конец закреплен в обойме. В полученной таким образом цепной петле подвешено подвижное колесо, скрепленное с грузовым крюком; в канавке приводного колеса помещается тяговая цепь, замкнутая в кольцо.

Движением тяговой цепи заставляют вращать тяговое колесо, которое приводит в движение всю систему блока. Поднятый груз может быть оставлен на любой высоте, так как автоматически действующий тормоз задержит обратное движение червяка и червячной шестерни.

При работе с блоками необходимо соблюдать всевозможные предосторожности; например, перед началом ра-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

бот блок должен быть осмотрен и смазан, также должна быть проверена подвеска блока к скобам.

В процессе работы необходимо следить, чтобы рабочие не находились под поднимаемым грузом. Никоим образом не должна разрешаться работа с блоками, подлежащими ремонту и не прошедшими испытаний по существующим нормам. Коэфициент полезного действия блоков колеблется в пределах 0,60—0,65.

Грузоподъемность блоков завода «Красный блок» 1000—5000 *кг*, высота подъема груза до 3 *м*.

§ 3. Механизмы с приводом от двигателя

Сопоставлением стоимости ручной и механической работы, затрачиваемой на перемещение единицы груза, можно установить выгодность замены ручного транспорта механизированным.

Действительно, для перемещения груза вручную можно составить формулу:

$$C_0 = \frac{S_0}{q_0}.$$

Для механического перемещения груза:

$$C_1 = \frac{\left(\frac{A+U}{100}\right) \cdot K + S_1 + S_2 + S_3}{Q_0}.$$

Понятно, что для замены ручного транспорта механическим необходимо, чтобы

$$\frac{(A+U) \cdot K + S_1 + S_2 + S_3}{100 Q_0} < \frac{S_0}{q_0}.$$

Из этого неравенства очевидно, что установка аппарата будет целесообразной тогда, когда грузооборот аппарата будет большой, а амортизационные и ремонтные расходы на него, расходы на энергию, на смазочные и вспомогательные материалы и на обслуживающий персонал будут незначительны.

Таким образом с ростом грузооборота и с увеличением расходов на рабочую силу создаются условия, при которых механизация транспортных работ становится более выгодной по сравнению с перемещением материалов вручную. К рассмотрению таких аппаратов, посредством которых осуществляются транспортные работы, мы и перейдем.

1. Автовозы и автотележки

Автовозами называются транспортные устройства, посредством которых производится перемещение грузов, находящихся в подвижном составе. В зависимости от рода пути, по которому производится перемещение состава, автовозы могут быть подразделены на рельсовые и безрельсовые. В последнем случае автовозы часто называются автотягачами. В нашей промышленности распространен как рельсовый, так и безрельсовый транспорт.

Рельсовый транспорт имеет преимущественное распространение в обслуживании карьеров, а безрельсовым транспортом пользуются, главным образом, для перемещения грузов внутри завода или цеха.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Кроме того, в зависимости от рода привода в движение автовозы называются паровозами, электровозами и тепловозами.

Паровозы, употребляемые на узкоколейных путях 750 *мм*, в конструктивном отношении подобны обычным паровозам широкой колеи, отличаясь лишь значительно меньшими габаритными размерами. Кроме того, тендер у них обычно отсутствует. Вес их колеблется от 5 до 20 *т*.

Электровозы различаются троллейные, или контактные, и аккумуляторные. Контактные электровозы предпочтительно применять для больших пробегов без изменения направления движения, так как в случае изменения направления движения потребуется проводка новой линии для подведения тока. Аккумуляторные электровозы, наоборот, не связаны с токоподводящей линией, но зато отличаются следующими не-

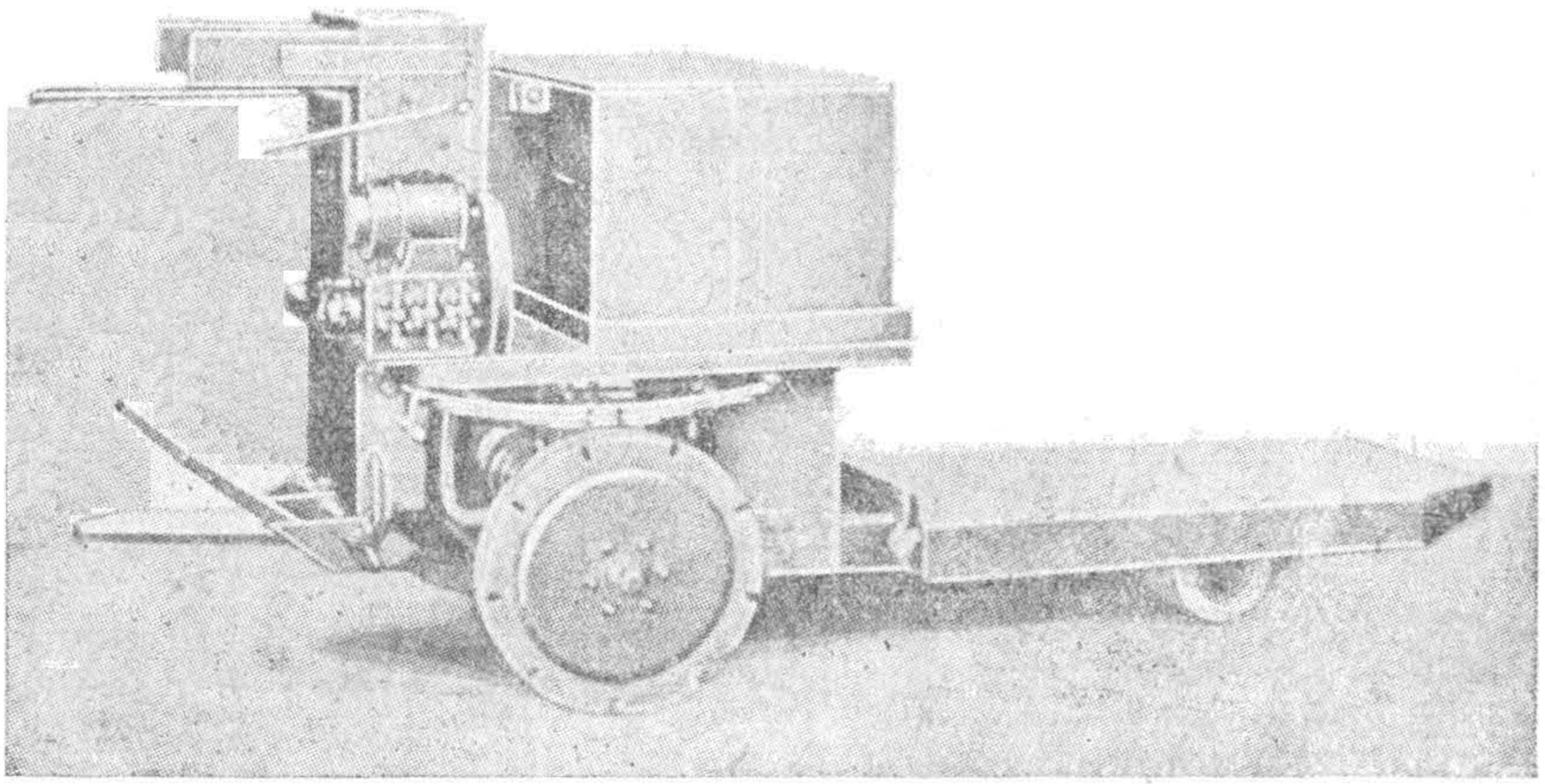


Рис. 23. Электрическая тележка.

достатками по сравнению с контактными: производительность их ниже, вес больше. Поэтому они требуют прокладки путей из рельсов более тяжелого типа и для них нужна станция для зарядки аккумуляторов.

Электровозы перед паровозами имеют следующие преимущества: у электровозов меньшие габаритные размеры, бо́льшая мощность, бо́льшая производительность, меньшие эксплоатационные расходы и простота в уходе.

Тепловозы по сравнению с паровозами и электровозами обладают преимуществами полной независимости: они не требуют ни устройства для запаса воды и угля, как паровозы, ни прокладки токоподводящей линии, как контактные электровозы, ни зарядной станции, как аккумуляторные электровозы. Радиус их действия ограничивается лишь емкостью резервуара для жидкого топлива, которое применяется в виде бензина, бензола, нефти или спирта.

Автотележками, или автовагонетками, называются транспортные устройства, посредством которых производится перемещение грузов, помещаемых либо на платформах (штучные грузы), либо в кузовах

НБ УДУНТ (ДІІТ)

(сыпучие) самой тележки. В зависимости от рода пути, по которому производится перемещение грузов в автотележках, они, подобно автовозам, могут быть подразделены на рельсовые и безрельсовые.

В зависимости от типа двигателя автотележки подразделяются на электрические и приводимые в движение от двигателя внутреннего сгорания, а по роду ходового устройства они могут быть как колесными, так и гусеничными.

Все автотележки, в зависимости от конструкции приспособления для перевозки материалов, могут быть разбиты на два типа: платформенные и кузовные.

При этом платформы могут быть как неподвижные, так и подвижные, а кузова — опрокидные или съемные.

Из автотележек, оборудованных подвижной платформой, известны опрокидные и подъемные. В тех случаях, когда подъем платформы может производиться на значительную высоту (до 3-4 *м*), автотележки называются штабелеукладчиками.

На рис. 23 изображена электрическая тележка с платформой, а рис. 24 изображает штабелеукладчик. Характеристика автотележек следующая: вес тележки без аккумулятора около 950 *кг*, потребная мощность электродвигателя 1,1 kW, скорость передвижения с грузом по асфальту 7-8 *км/час*.

Автотележки с платформами применяются для штучных и тарных грузов; в случае перемещения сыпучих материалов платформа заменяется кузовом, который, как отмечено раньше, может быть опрокидным и съемным. В случае оборудования тележек съемными кузовами (кюбелями), такой вид транспорта известен под названием контейнерного. За последнее время такой способ перевозки материалов нашел большое распространение вследствие следующих преимуществ: 1) удешевляется и ускоряется выполнение погрузочно-разгрузочных работ, 2) уменьшается простой транспортных средств, 3) упрощается, а иногда и вовсе отпадает, упаковка груза, 4) уменьшается порча груза в пути и отпадает возможность хищений, 5) упрощается оформление провозных документов и сокращается их количество (на железных дорогах широкой колеи).

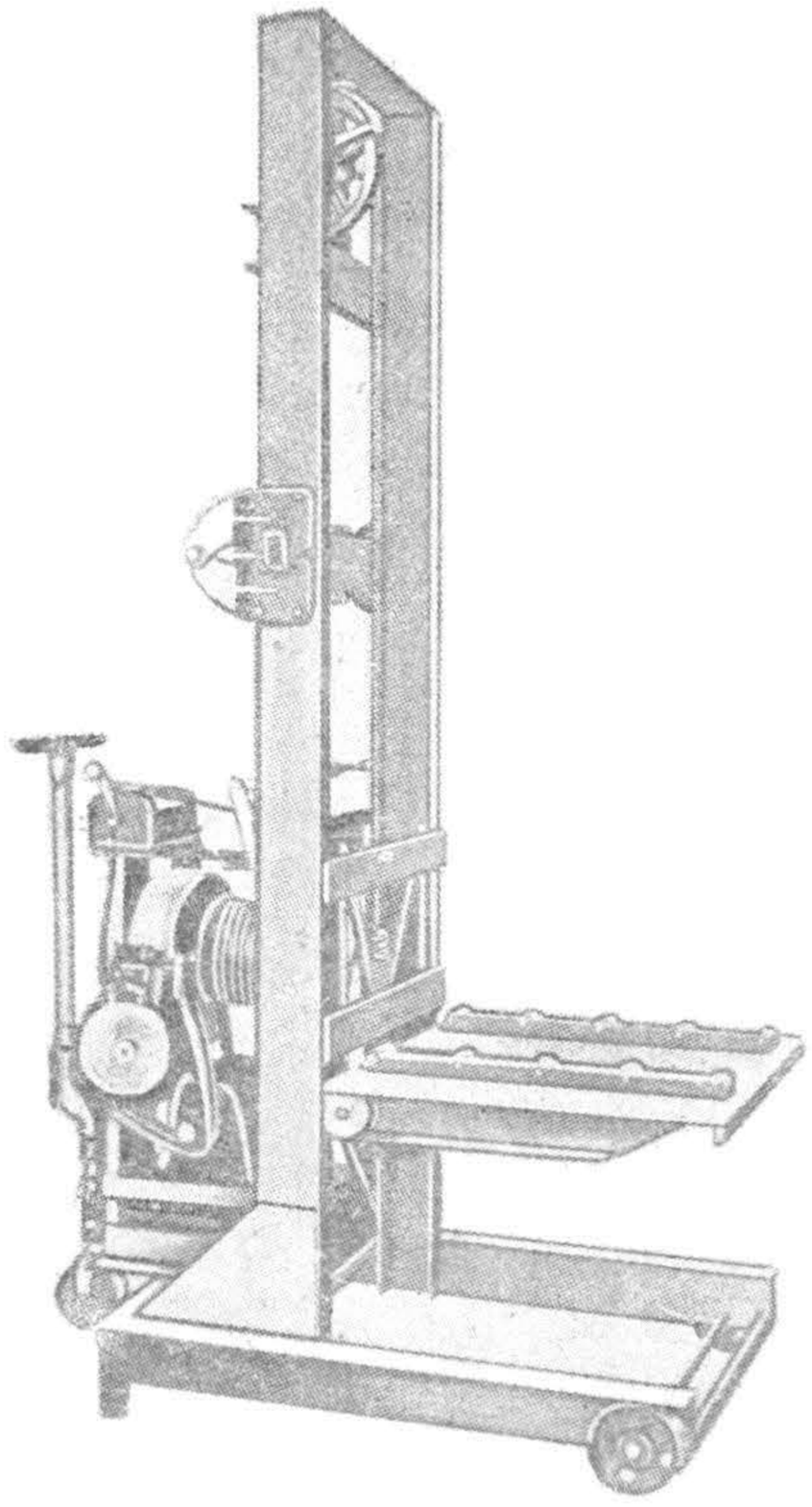


Рис. 24. Штабелеукладчик.

Недостатки контейнерной системы заключаются в необходимости обратной перевозки тары, для каковой цели выгоднее пользоваться так называемыми разборными контейнерами, очень легкими и занимающими мало места.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

2. Шпили

Шпили, устанавливаемые на межпутьях для маневрирования вагонов, представляют утопленный в землю сварной металлический ящик, внутри которого помещены электродвигатель и передаточный червячный механизм, соединенный с электродвигателем помощью муфты. Наверху, снаружи ящика, находится шпилевая головка и рядом с ней пусковая педаль или пусковой штурвал. Отдельно от корпусного ящика шпиля, в плотно закрываемой металлической коробке, устанавливаемой на стене или на стойке, монтируются рубильник и приборы защиты электродвигателя от перегрузки. Очень простая и не требующая много места конструкция шпиля показана на рис. 25. При этом электродвигатель установлен на верхнем конце барабана на проходящем сквозь него консоле и соединен с находящейся на другом конце барабана передачей посредством вала, вращающегося внутри неподвижного консоля. Сквозь консоль проходит электрическая подводка к электродвигателю. Такого рода шпиль можно устанавливать на фундаменте, а также на шпалах.

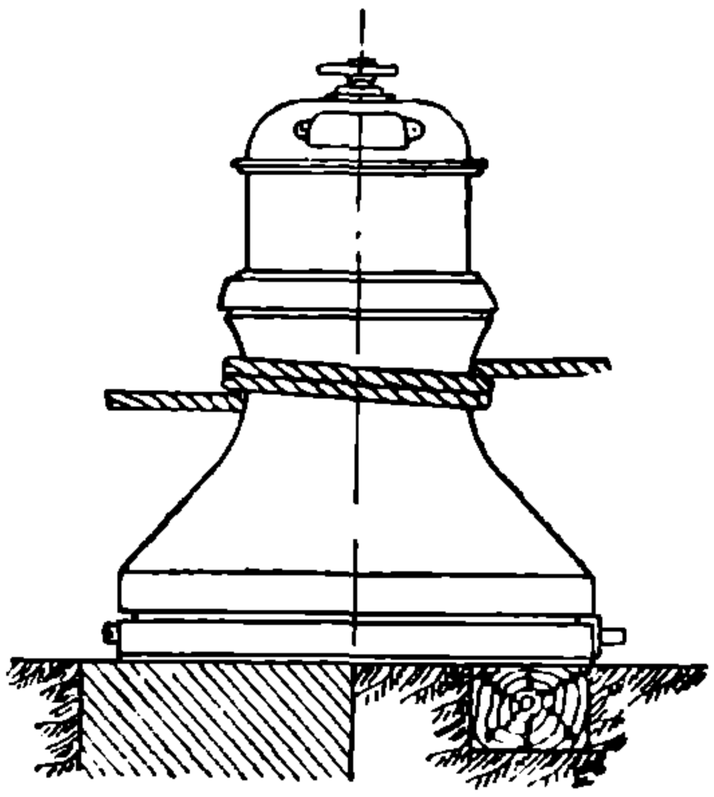


Рис. 25. Шпиль.

При работе шпилем возможность передвижения вагонов в произвольном направлении достигается установкой отклоняющих роликов.

В заключение приводим характеристику шпиля.

Высота головки шпиля	665 *мм*
Диаметр головки шпиля наибольший	650 „
„ „ „ наименьший . .	420 „
Число оборотов головки шпиля в минуту .	13
Диаметр тягового троса	15—20 *мм*
Тяговое усилие шпиля . .	3 000 *кг*
Скорость перемещения вагонов	19 *м/мин*
Общий вес шпиля с электрооборудованием	2 800 *кг*

Габаритные размеры шпилевого корпусного ящика:

длина .	2 500 *мм*
ширина	1 880
высота . . .	640 „
Род тока трехфазный	50 Hz
Рабочее напряжение	220/380 V
Тип электродвигателя (каталог ВЭС)	КТ-155-755
Мощность электродвигателя	19 *ЛС*
Число оборотов электродвигателя в минуту	720

3. Подвесные тележки и пути

Общие понятия. При больших количествах перемещаемых грузов, при больших расстояниях передачи и сильно пересеченной местности транспортировка материалов часто осуществляется тележками по подвесным путям. Передвижение тележек производится либо посредством индивидуальных установленных на них электродвигателей, либо посредством проволочного каната. Реже применяются цепи. Проволочно-канатные дороги разделяются на о д н о к а н а т н ы е и д в у х к а н а т-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ные. У первых один и тот же канат служит одновременно как для несения, так и для перемещения вагонетки; у вторых один канат неподвижен и служит в качестве пути, а другой канат является тяговым органом, перемещающим вагонетку.

Разновидностью двухканатной дороги являются подвесные дороги, оборудованные канатной тягой, у которых жесткий путь состоит из рельсов, балок и т. п., в то время как канат служит тяговым органом.

Из подвесных тележек с электродвигателями различают: вагонетки без лебедки для подъема, вагонетки с лебедкой для подъема и с управлением на расстоянии, вагонетки с сопровождающим вожатым.

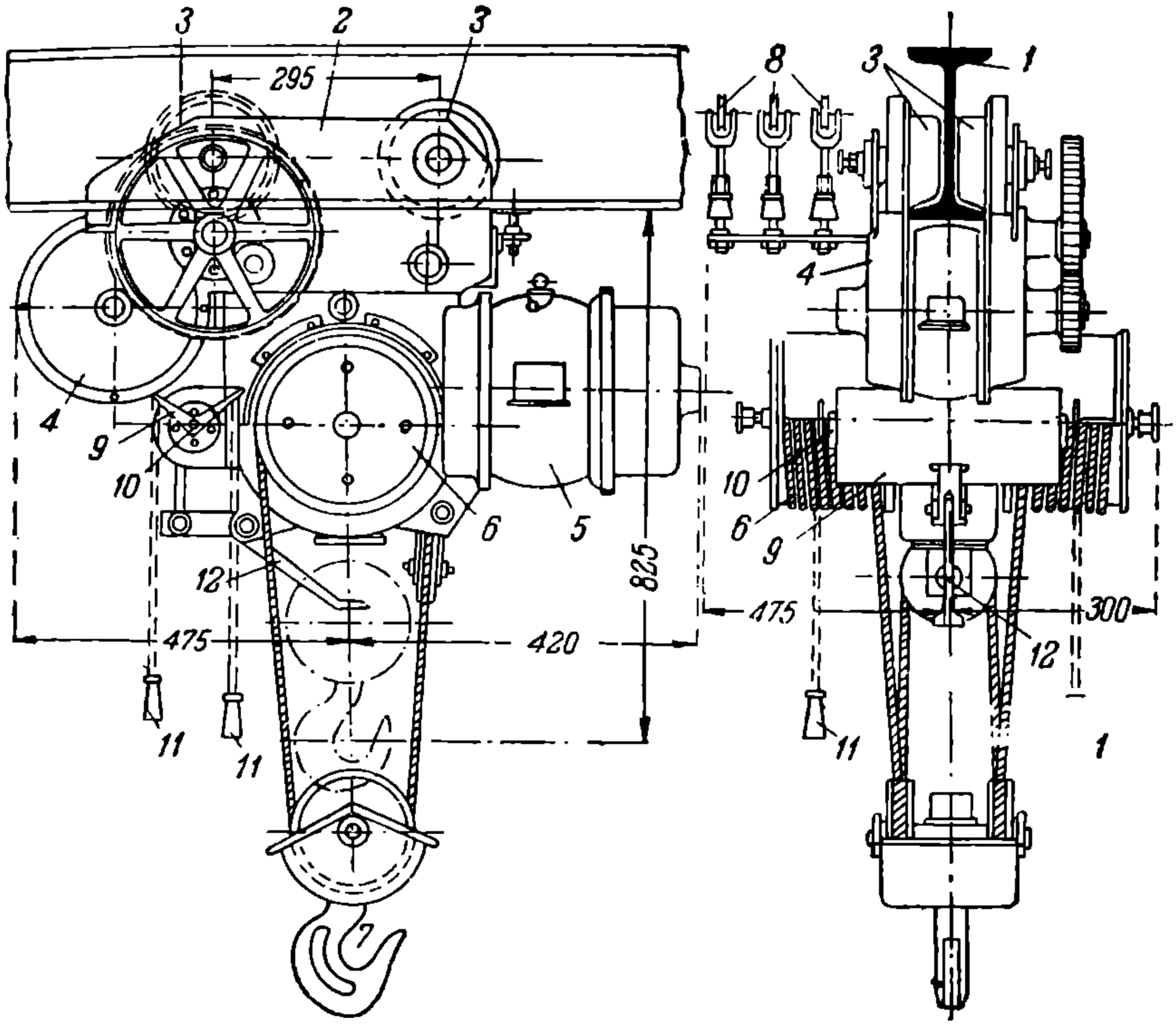


Рис. 26. Подвесная тележка с лебедкой (тельфер).

Тележка состоит из двухколесного ходового механизма, приводимого в движение электродвигателем, из подвески и кузова или, в другом случае, из рамы с лебедкой и кузова (тельфер).

Подводка тока производится посредством токоснимателей, приделанных к ходовому механизму, которые скользят по троллейным проводам, проложенным на изоляторах вдоль пути. В целях предупреждения раскачивания тележки в пути и создания условий для равномерного снимания тока, ходовой механизм тележки снабжается пружинящим направляющим роликом или направляющим ползуном, которые катятся или скользят по неподвижной части пути.

На рис. 26 изображена подвесная тележка с лебедкой *4*, укрепленная на рельсовом пути *1*.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Тележка состоит из щек *2*, на которых установлены колеса *3*, из желобчатого барабана *6* и крюка *7*. На тележке установлен электродвигатель *5*, соединенный с токоприемниками *8* и связанный с барабаном при помощи червячной передачи. Контроллерные рукоятки *11* цепями, спускающимися до половины человеческого роста, соединены с двухплечим рычагом *10* контроллера *9*. Оттягивая книзу рукоятку со стрелкой - указателем, острием направленной вверх, включают электродвигатель и поднимают груз, подвешенный к крюку. Опускание крюка осуществляется при перемене вращения электродвигателя подъемного механизма; в этом случае переключение производится оттягиванием книзу рукоятки со стрелкой, острием направленной вниз. Для предупреждения подъема

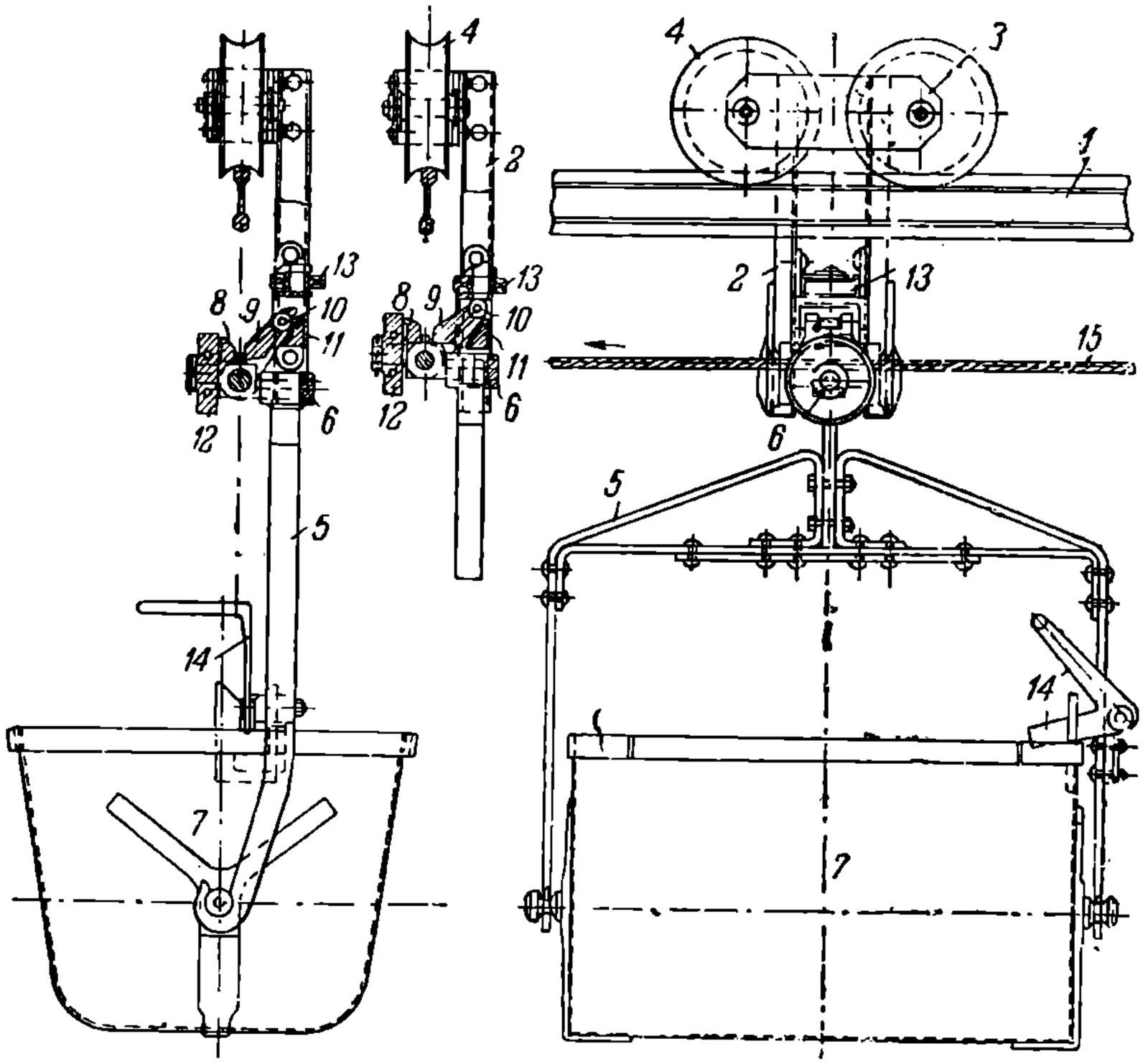


Рис. 27. Подвесная тележка.

крюка сверх ограничительной высоты предусматривается выключатель *12*, прерывающий электрический ток. Произвольное опускание груза предотвращается электромагнитным тормозом, шкив которого плотно охватывается лентой в момент прекращения доступа тока в электродвигатель с подъемным барабаном; шкив получает возможность свободного вращения вместе с барабаном, когда ток, направляемый в электродвигатель, пройдет через обмотки катушек электромагнита и притянет стержень сердечника, связанный с тормозным рычагом.

При необходимости повышения скоростей и в случаях затрудненности в обслуживании тележек с земли, последние оборудуются подвесными кабинами управления, в которых располагаются контроллеры, распределительный щит и сигнальные приборы. В табл. 14 приведена характе-

НБ УДУНТ (ДІТ)

ристика тележек с лебедками, изготовляемых ленинградским заводом им. Кирова.

Подвесная тележка проволочно-канатной дороги состоит из ходового механизма, подвески, кузова и, кроме того, снабжается зажимным приспособлением для прицепления тележки к тяговому канату.

На рис. 27 изображена подвесная тележка, укрепленная на рельсовом пути *1*. Тележка состоит из рамы *2* со щеками *3*, на которых установлены колеса *4*, подвески *5* с осью *6*, укрепленной в ползуне, кузова *7* и зажимного приспособления. Последнее в свою очередь состоит из неподвижной щеки *8* зажима, подвижной щеки *9* зажима, ролика *10* подвижной щеки, наклонной пластины *11* для ролика, ролика *12* ползуна, набегающего на шину включения и выключения, горизонтального ролика *13* для направляющей шины при обходе кривых.

Таблица 14

Данные для тележек с лебедкой (тельферы)

Грузоподъемность в *кг*	1000	1500	2000	250	500
Высота подъема груза в *м*	10,0	8,5	6,5	20,0	10,0
Скорость подъема в *м/сек*	0,1	0,1	0,1	0,24	0,12
Скорость передвижения тележки в *м/сек*: от двигателя	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
вручную	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Наименьший радиус закруглений в *м*	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
№ рельсовых балок (двутавровых)	от № 20 до № 30				
Потребная мощность двигателя в *ЛС*					
для подъема груза	2,0	2,4	3,5	1,0	1,0
для передвижения груза	0,75	1,35	1,35	0,5	0,5
Вес *кг*	550	580	580	—	—
Габариты в *мм*					
длина	1460	1460	1460	1090	1090
ширина	840	840	840	1020	1020
высота	1000	1000	1000	845	845

Для удержания тележки во время пуска и остановки предусмотрено удерживающее приспособление *14*. Передвижение тележки осуществляется канатом *15*, который зажимается между щеками *8* и *9* зажима. Основными частями для передачи тележек по подвесным дорогам служат приводная станция с натяжным устройством, опоры, несущие рельсы и канаты.

На рис. 28 показана деталь подвески для путей системы Ляудена.

На рис. 29 представлена схема устройства приводной станции канатной дороги.

Приводная станция состоит из двухжелобчатого приводного блока *1*, диаметром около 2000 *мм* с кожаной футеровкой, обводного блока *2* диаметром около 1750 *мм*, обводного блока *3*, диаметром около 2000 *мм*, натяжного блока *4* диаметром около 1750 *мм*, натяжного приспособления *5* для тягового каната, привода *6*, направляющих роликов *7* для тягового каната, рельс *8* подвесных для обхода тележек вокруг привода станции.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Рис. 30 изображает устройство деревянной опоры для несущего и тягового канатов.

Рис. 31 изображает несущие рельсы (*a*, *b* и *c*) и канаты (*d*, *e* и *f*).

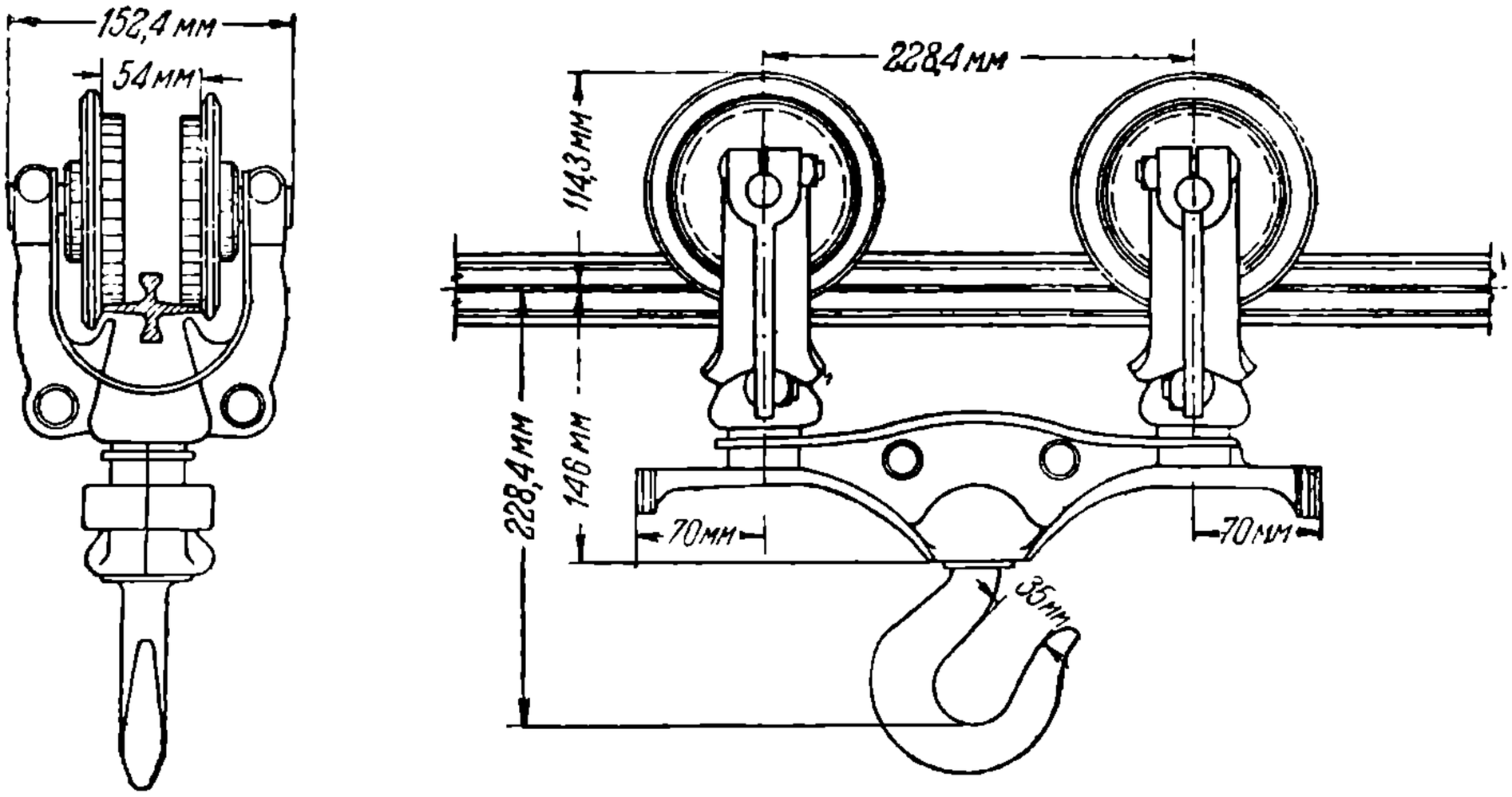


Рис. 28. Подвесное устройство для путей.

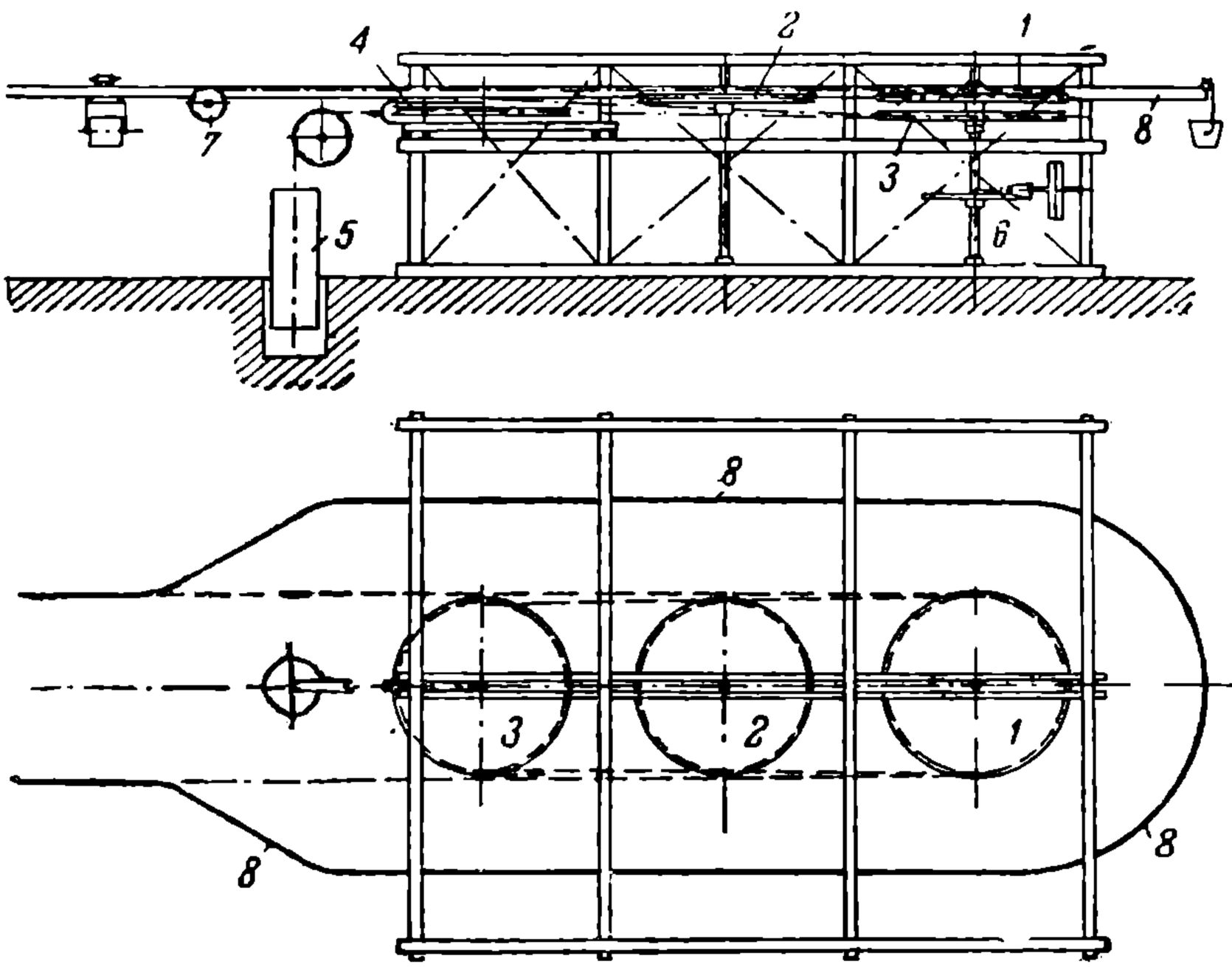


Рис. 29. Схема устройства приводной станции канатной дороги.

Определение производительности. Производительность подвесной дороги, оборудованной подвесной тележкой с электродвигателем и подъемным приспособлением, определяется по следующей формуле:

$$Q = \frac{3600G}{T} \ [m/час] ,$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

где

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6.$$

Здесь:

t_1 — время подвески груза к тележке в секундах;
t_2 — время подъема груза в секундах;

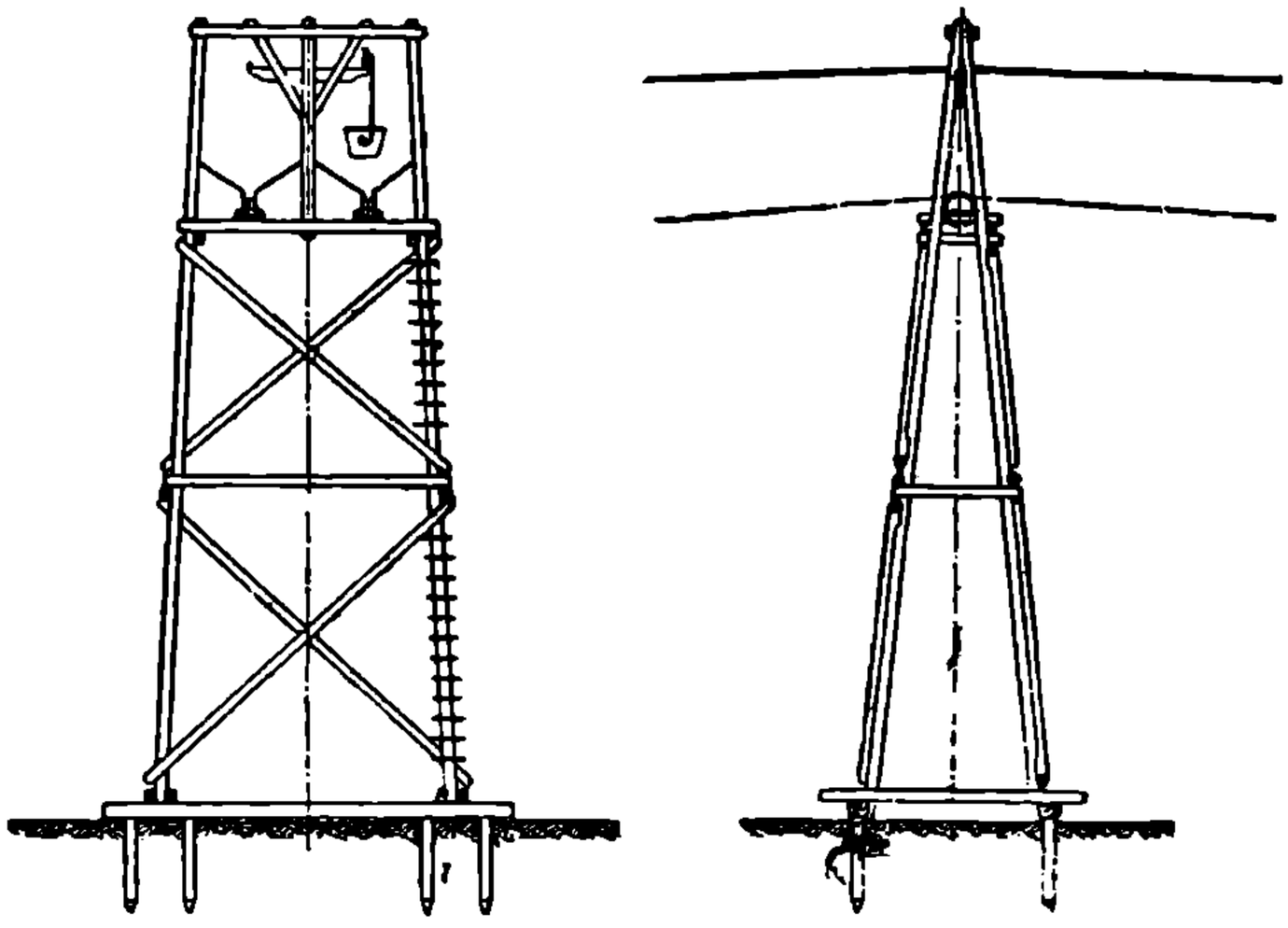


Рис. 30. Устройство деревянной опоры.

t_3 — время перемещения тележки в секундах;
t_4 — время опускания груза в секундах;
t_5 — время отцепки от крюка в секундах;
t_6 — время обратного передвижения тележки в секундах.

Но время подъема и опускания груза (t_2 и t_4) в свою очередь равно высоте подъема груза в метрах (H), деленной на соответствующие скорости той и другой операции (v_1 и v_2 [*м/сек*]), а время пробега тележки равно частному от деления длины пути l_1 на соответствующие скорости перемещения (v_3 и v_4).

После подстановки получим:

$$T = t_1 + \frac{H}{v_1} + \frac{l_1}{v_3} + \frac{H}{v_2} + t_5 + \frac{l_1}{v_4}$$

или, если скорость подъема равна скорости опускания, а скорость движения тележки с грузом равна скорости обратного пробега:

$$T = t_1 + \frac{2 \cdot H}{v_1} + \frac{2 \cdot l_1}{v_3} + t_5.$$

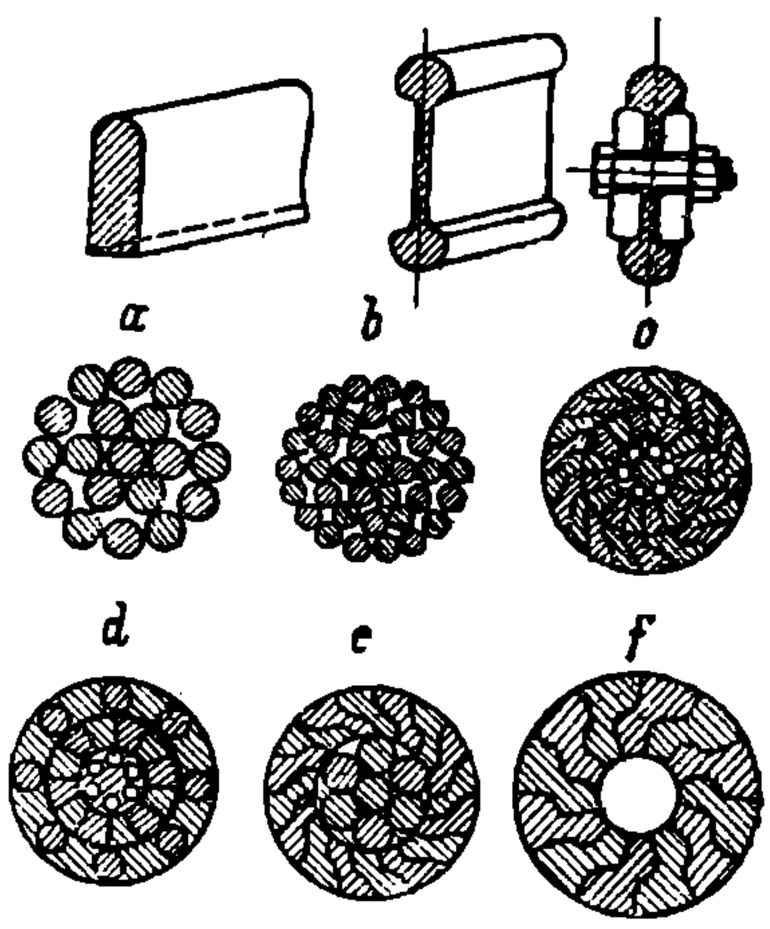


Рис. 31. Несущие рельсы и канаты.

Пример 1. Определить часовую производительность подвесной дороги, оборудованной тележкой с электродвигателем, при весе штучного груза, перевозимого тележкой, 0,5 *т*, длине пути перемещения 25 *м*, высоте

НБ УДУНТ (ДІІТ)

подъема груза 2 *м*, скоростях подъема и опускания грузов ($v_1 = v_2$) 0,1 *м/сек*, скоростях движения тележек ($v_3 = v_4$) 0,5 *м/сек*, времени, затрачиваемом на подвеску груза, 90 сек. и на отцепку груза 60 сек.

Тогда

$$T = 90 + \frac{2 \cdot 2}{0{,}1} + \frac{2 \cdot 25}{0{,}5} + 60 = 290 \text{ сек.};$$

$$Q = \frac{3600 \cdot 0{,}5}{290} \approx 6{,}2 \ т/час.$$

Производительность подвесной дороги, оборудованной подвесной тележкой с тяговым канатом, определяется по следующей формуле:

$$Q = \frac{3600 \cdot i \cdot v \cdot \gamma \cdot \varphi}{a} \ [т/час] .$$

Пример 2. Определить часовую производительность подвесной дороги, оборудованной тележкой с тяговым канатом и кузовом, емкостью 0,5 $м^3$, перемещающей кусковой известняк, объемным весом 1,8 $т/м^3$, при скорости передвижения тележки 1,5 *м/сек*, коэфициенте заполнения кузова 0,8 и расстоянии между тележками 75 *м*:

$$Q = \frac{3600 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}8}{75} = 52{,}0 \ т/час;$$

тележка проходит на склад через каждые

$$\frac{75}{1{,}5} = 50 \text{ сек.}$$

Применение подвесных тележных путей. Подвесные тележки имеют чрезвычайно широкое распространение в нашей промышленности. Решающим для суждения о выборе той или иной конструкции подвесной дороги является всегда подсчет сравнительных эксплоатационных расходов.

Тележки, движущиеся по подвесным путям, в противоположность тележкам, перемещающимся по наземным рельсовым дорогам, имеют следующие преимущества:

1) площадь, занимаемая подвесными путями, значительно меньше (необходима площадь только для установки опорных конструкций);

2) пространство под подвесными путями остается свободным, и подвесные пути не препятствуют движению под этой трассой;

3) разбивка линии направления дороги не зависима от рельефа местности;

4) устраняется излишняя перегрузка, так как путь может быть направлен на высоту, необходимую для разгрузки материала (проволочно-канатная дорога), или груз может быть поднят электролебедками;

5) меньшие эксплоатационные расходы вследствие автоматизации рабочих процессов, небольшого потребления энергии и незначительного сопротивления движению.

4. Шнеки

Общие понятия. Шнек, или винтовой транспортер, представляет собою жолоб или трубу, в котором вращается вал (обычно пустотелый), снабженный по всей длине либо винтовой поверхностью, либо косо установленными лопастями.

РЕПОЗИТОРИЙ УДУНТ (ДІІТ)

Изображенный на рис. 32 шнек состоит из следующих частей: жолоба *1*, крышки *2*, винта *3*, загрузочного отверстия *4*, разгрузочного отверстия *5*, концевых стоек — передней *6* и задней — *7*, поддерживающей стойки *8*, промежуточного подшипника *9* и привода *10*.

Подлежащий перемещению материал насыпается в жолоб и удерживается от вращения вместе с винтом силой тяжести и трением о стенки жолоба. Таким образом материал играет роль гайки для находящегося внутри его винта и при вращении последнего перемещается вдоль жолоба.

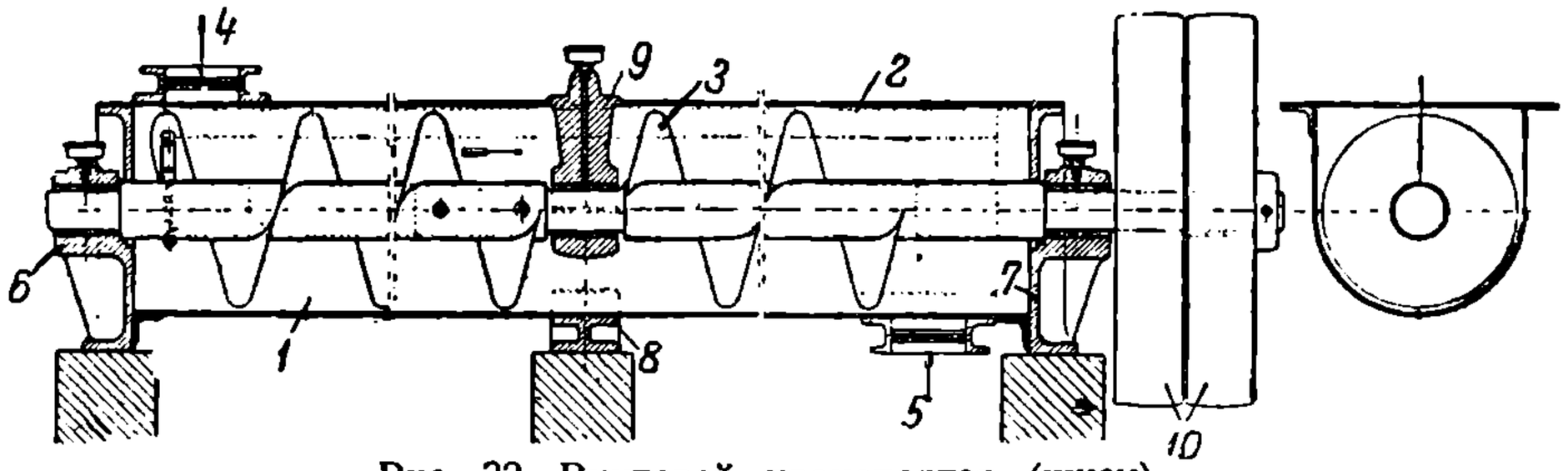


Рис. 32. Винтовой транспортер (шнек).

Большею частью шнеки устанавливаются горизонтально или с небольшим уклоном и служат для передачи, преимущественно, материалов зернистого строения, в сухом виде. При перемещении шнеком материалов с большим содержанием влаги происходит прилипание материала к стенкам винтовой поверхности и к валу, провертывание материала вместе с ними, и подача вдоль жолоба сокращается.

Для перемещения слипающихся материалов, а также в тех случаях, когда одновременно с транспортировкой материала требуется получить хорошее перемешивание, применяются лопастные шнеки, в которых на валу укрепляются косо поставленные лопасти. На рис. 33 изображена деталь лопастного шнека.

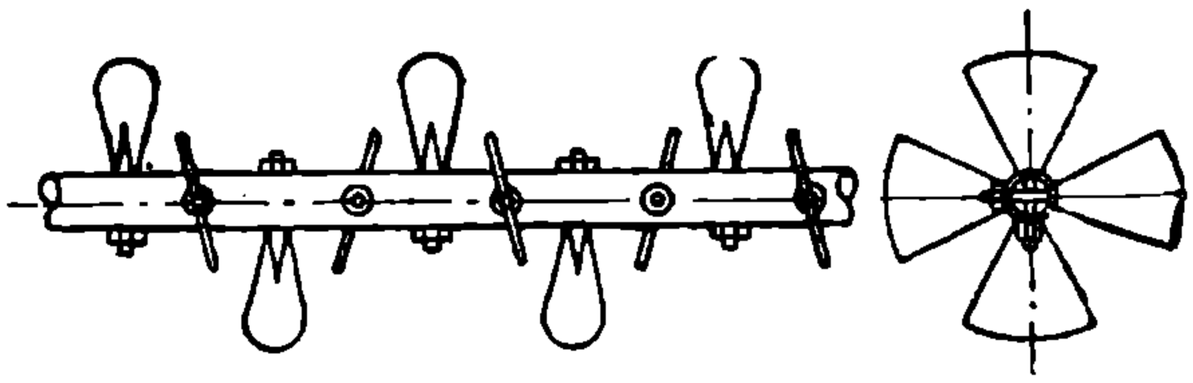


Рис. 33. Деталь лопастного шнека.

Кроме винтового и лопастного шнеков в некоторых производствах встречается так называемый спиральный шнек, отличающийся от винтового тем, что у него витки отстоят от наружной поверхности вала на некотором расстоянии, образуя с ней по всей длине шнека кольцевое пространство. Через последнее куски материала могут перебрасываться обратно движению винта в случае большого его скопления, предохраняя этим шнек от заклинивания; но одновременно тем самым понижается и производительность его по сравнению с винтовым шнеком. Поэтому спиральные шнеки не употребляются для перемещения пылевидных материалов.

Основными данными, характеризующими шнеки, служат: диаметр, шаг и число оборотов винта.

Размеры диаметров шнеков колеблются от 100 до 600 *мм*. Шаг обычно принимается в малых шнеках равным 0,8—1,0 диаметра, а в больших колеблется в пределах от 0,5 до 1,0 диаметра.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Число оборотов шнека колеблется в пределах от 40 до 110 по германским данным и от 40 до 225 по американским данным, причем с увеличением диаметра шнека число оборотов соответственно уменьшается.

Шнеки устраиваются с правым и левым ходом, а также двух- и трехходовыми для сильно истирающих материалов (например цемент, угольный порошок и т. п.).

Конструкция основных деталей шнека. Ж о л о б изготовляется из металла толщиною от 2 до 6 *мм*, причем нижняя часть жолоба делается цилиндрической, радиусом $r_0 = r$ (от 1 до 4 *мм*), где r — радиус винта, а верхняя часть состоит из двух плоских вертикальных стенок, к которым для жесткости и для соединения с крышкой приклепываются угольники. Жолоба для шнеков при недостатке металла можно изготовить из дерева с металлической внутренней обшивкой их нижней части.

К р ы ш к а изготовляется из листового металла, толщиною от 1 до 3 *мм*. Для получения плотного соединения и для устранения пылеобразования между крышкой и угольником жолоба укладывается слой войлока, клингерита и т. п. Прикрепляется крышка болтами или скобками.

Винт состоит из вала и винтовой поверхности, или лопастей.

Вал изготовляется из газовой трубы или из круглой стали. Размер диаметра вала принимается от 0,30 до 0,26 для малых шнеков и от 0,20 до 0,15 для больших шнеков, по отношению к диаметру самого шнека.

Винтовая поверхность состоит из отдельных витков, изготовленных из круглых металлических дисков, хорошо приштампованных между собою. Крепление витков к валу производится посредством болтов. У этих болтов один конец снабжен нарезкой для гайки и прикрепляется к валу, а другой имеет сплющенную форму: гладкую — в случае сварки и снабженную двумя отверстиями по длине — в случае клепки.

З а г р у з о ч н ы е и р а з г р у з о ч н ы е о т в е р с т и я снабжаются патрубком круглой или квадратной формы; загрузочный патрубок одним концом крепится к крышке жолоба, а другим — к питающему устройству. Для разгрузки материала в произвольных точках в дне жолоба устанавливаются задвижки.

К о н ц е в ы е с т о й к и — металлические — обыкновенно выполняются вместе с подшипниками, которые бывают глухие или разъемные. Стойки с разъемными подшипниками сложнее и дороже в изготовлении, но значительно удобнее в сборке и в эксплоатации.

П о д д е р ж и в а ю щ и е п р о м е ж у т о ч н ы е с т о й к и изготовляются в большинстве случаев из металла и служат для поддерживания жолоба шнека.

П р о м е ж у т о ч н ы е п о д ш и п н и к и — металлические — применяются при сравнительно длинных шнеках для поддержки вала и предохранения его от прогибов. Они обычно устанавливаются на расстоянии от 2,5 до 3,5 *м* — для винтовых и спиральных шнеков и от 1,5 до 2,0 *м* — для лопастных. Так как установкой подшипников создаются неблагоприятные условия для работы шнеков, а именно: увеличивается трение и прерывается движение материала (в местах установки подшипников витки шнека прерываются), то они выполняются подвесным скреплением опорной плиты с жолобом шнека, с наименьшей возможной длиной вкладыша и подводом смазки сверху. В конструктивном отношении эти подшипники также бывают глухие и разъемные, причем предпочтительнее последние.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Для определения расстояния между подшипниками можно пользоваться следующей формулой:

$$l = \sqrt[4]{\frac{384}{5} \quad \frac{J \cdot f_1 \cdot 100}{E \cdot q}} \ [см] ,$$

где

J — момент инерции вала в $см^4$;
f_1 — допускаемый прогиб вала в сантиметрах;
q — вес 1 *пог. м* вала в килограммах;
E — модуль упругости в $кг/см^2$.

Допустимый прогиб вала на практике не должен быть более 2 *мм*.

Определение производительности. Определить точные величины основных элементов шнека весьма затруднительно в виду сложности взаимных влияний этих элементов. Поэтому в большинстве случаев некоторые элементы шнеков вычисляются по эмпирическим формулам.

Производительность шнека в куб. метрах в час определяется по формуле:

$$V = 60 \quad \psi \cdot \frac{\pi \quad D^2}{4} \cdot s \cdot n ,$$

или в тоннах в час

$$Q = 60 \cdot \psi \quad \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s \quad n \cdot \gamma$$

Таблица 15

Диаметр шнека (D) *мм*	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
Наибольший размер куска при сортированном материале *мм*	10	15	20	22	25	30	35	40	45	50
То же при рядовом материале . *мм*	25	40	60	65	75	90	100	110	130	150
Шаг s . . . *мм*	80	125	150	180	210	—	280	—	340	400
Диаметр вала d *мм*	35	50	55	60	70	75	80	85	90	100
Количество оборотов шнека n в среднем в минуту .	100	80	70	65	60	60	55	55	50	45
Производительность $м^3/час$	1,2	3,7	5,9	10,0	15,0	—	31,0	—	52,0	76,0
Потребная мощность при длине 10 *м ЛС*	0,2	0,5	1,5	2,2	3,6	5,2	7,2	9,6	12,1	20,1

Примечание 1. В рядовом материале количество кусков наибольших размеров не должно превышать 5—8% от общей массы.

Примечание 2. Шаг винта s обычно берется в пределах от 0,5 до 1,0 D. Уменьшение шага при том же диаметре уменьшает угол наклона витков к вертикальной плоскости и способствует более спокойному перемещению материала, что имеет особенное значение при транспорте крупных кусков. С другой стороны, уменьшение шага винта ниже $0{,}5D$ нельзя рекомендовать, так как тогда появляется возможность забивания шнека материалом, а следовательно, аварий и простоев в работе.

Примечание 3. При выборе числа оборотов не рекомендуется брать малые диаметры шнека и увеличивать число оборотов, так как это увеличение ускоряет износ самого шнека, стенок жолоба и повышает способность материала крошиться в случае крупнокускового материала.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

В табл. 15 дана зависимость диаметра шнека от различных величин, входящих в формулу.

В приведенной ранее формуле для производительности шнека еще осталась невыясненной величина коэфициента наполнения для шнека. Этот коэфициент обыкновенно принимается тем большим, чем меньше шаг шнека. На практике ψ принимается в пределах от 0,3 до 0,25 для малых диаметров шнека и до 0,25 — для больших диаметров.

В табл. 16 приведены значения ψ для некоторых материалов.

Таблица 16

Наименование материала	Значения ψ при диаметре шнека	
	наименьшем	наибольшем
Уголь . .	0,47	0,32
Цемент	0,42	0,28
Песок .	0,30	0,20
Зола	0,30	0,20
Руда	0,25	0,18
Камень дробленый .	0,25	0,17

Скорость движения материала определяется по формуле:

$$v = \frac{ns}{60} \; [м/сек].$$

Пример. Определить потребную мощность двигателя шнека для сланца при потребной производительности 35 m в час, с насыпным весом сланца, равным 1,2, при передаче на расстояние 20 *м*. Размер кусков в среднем 30—40 *мм*. Наибольший размер кусков 75 *мм*, количество таких крупных кусков составляет не больше 8% от общей массы.

По табл. 15, в зависимости от размеров кусков материала, определяем D, s, n и по табл. 16 определяем коэфициент ψ.

Проверяем для выбранных данных производительность шнека по формуле:

$$V = 60\psi \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} s \cdot n = 60 \cdot 0{,}32 \, \frac{3{,}14 \cdot 0{,}4^2}{4} \cdot 0{,}28 \cdot 55 = 36{,}5 \; м^3/час,$$

или в тоннах:

$$Q = V \cdot \gamma = 43{,}8 \; m/час,$$

что с избытком удовлетворяет условиям.

Потребную мощность для двигателя определяем по эмпирической формуле:

$$N = \frac{Q \cdot L \cdot w}{270 \cdot \eta} = \frac{35 \cdot 20 \cdot 2{,}5}{270 \cdot 0{,}90} \approx 7 \; ЛС.$$

Применение. В промышленности строительных материалов шнеки имеют очень большое и разнообразное применение как для перемещения (цемент, клинкер, уголь и т. п.), так и для перемешивания (глина, глина и шамот, известь и песок и т. п.) различных материалов.

К достоинствам шнека перед другими транспортирующими аппаратами относятся: отсутствие пыли, простота в устройстве и в эксплоатации, отсутствие наружных движущихся частей, малые габаритные размеры.

К недостаткам относятся: измельчение материала вследствие трения последнего о винт и жолоб, следствием чего является повышенный расход энергии на единицу перемещаемого материала; значительный износ стенок жолоба и витков винта; перемещение материала на небольшие расстояния (не свыше 30—40 *м*).

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

5. Ленточные транспортеры

Общие понятия. Ленточный транспортер представляет собою бесконечную ленту, натянутую по концам транспортера на два барабана и поддерживаемую по длине роликами, отстоящими друг от друга на определенном расстоянии.

Ленточный транспортер, изображенный на рис. 34, состоит из следующих частей: бесконечной ленты *1*, головного барабана *2* (приводного), хвостового барабана *3* (натяжного), поворотного барабана *4*, рабочих роликов *5*, холостых роликов *6*, загрузочного приспособления *7*, разгрузочного приспособления *8*, станины *9*, привода *10* и натяжного устройства *11*.

Материал, подлежащий перемещению, может подаваться на ленту в любом месте по ее длине, точно так же как и в любом месте он может и сбрасываться с нее.

Ленточные транспортеры по форме, которую принимает лента при перемещении материала, разделяются на два вида: транспортеры с пло-

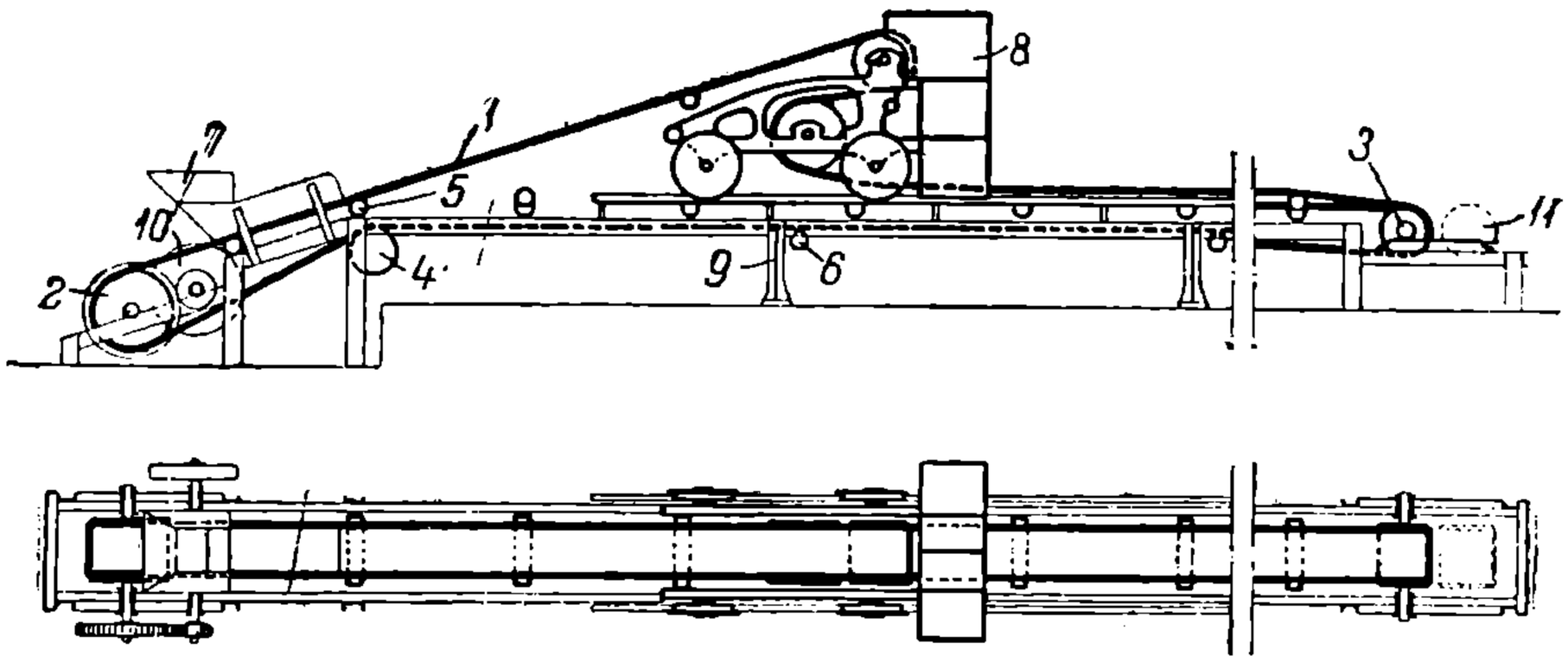


Рис. 34. Ленточный транспортер.

ской лентой и с лентой, принимающей форму жолоба. В последнем случае производительность ленты будет больше благодаря тому, что на такую ленту можно поместить более толстый слой материала. Зато, вследствие разных натяжений средних и крайних волокон жолобообразной ленты, положение ее оказывается мало устойчивым в боковом направлении, и поэтому при данной форме ленты следует устраивать направляющие ролики. Кроме того, для уменьшения боковой подвижности ленты скорость для жолобообразной ленты принимается немного меньшей, чем для плоской ленты.

Ленточные транспортеры по направлению перемещения груза разделяются на горизонтальные, наклонные и смешанные. Горизонтальные транспортеры обыкновенно выполняются шириною от 40 до 160 *см* и длиною до 200 *м*. Наклонные транспортеры выполняются с углом наклона меньшим, чем угол трения между лентой и материалом, во избежание обратного соскальзывания последнего. Смешанные, по направлению движения материала, транспортеры являются наиболее распространенными в практике и по внешнему виду представляют собою соединение горизонтального и наклонного транспортеров.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Конструкции основных деталей ленточного транспортера. Л е н т ы. Материалом для гибких лент обычно служат: пенька, хлопчатобумажная пряжа и верблюжья шерсть, из которых ленты ткутся либо сразу на всю толщину, либо сначала изготовляются тонкие полотнища, соединяемые затем в несколько слоев и прошиваемые в одно целое для необходимой крепости.

Перечисленные сорта лент применяются, главным образом, для перемещения сухого материала, отличающегося округленной формой отдельных кусков, например зерно, мелкие штучные грузы с плоскими гранями и пр., так как материал лент обладает способностью впитывать влагу (гигроскопичен) и легко поддается износу и истиранию. Для перемещения же материала остроугольной формы, например уголь, песок, камень и др., применяются балатовые и прорезиненные ленты.

Балатовые ленты состоят из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани, прошитых и склеенных между собою и покрытых особой массой растительного происхождения «балата». Благодаря особым свойствам балаты, приготовленные из нее ленты не могут применяться для транспорта материалов с температурой свыше 50° С.

Прорезиненные ленты состоят из нескольких слоев резины и хлопчатобумажной ткани, придающей ленте необходимую крепость и сопротивление продольному растяжению; снаружи лента также покрывается слоем резины, называемым обкладкой.

Приготовленную таким образом ленту прессуют и вытягивают под давлением в 250 *ат*. По данным Резинообъединения, эти ленты могут работать при колебаниях температуры от +120 до —30°.

Балатовые ленты и прорезиненные мало чувствительны к сырости.

Ширина ленты, изготовляемой у нас в СССР, колеблется от 30 до 150 *см*. Число прокладок для ленты транспортера зависит от крепости и ширины ленты и от условий работы и назначения транспортера.

В табл. 17 приводятся данные, характеризующие зависимость между шириной ленты и количеством прокладок.

Таблица 17

Ширина ленты *см*	Число прокладок
40	3— 5
50	4— 6
60	4— 7
80	5— 8
100	6— 9
120	7—11

Б а р а б а н ы. Головной, хвостовой и поворотный барабаны обычно изготовляются металлическими при помощи отливки, клепки или сварки. В виду того, что ленточные транспортеры бывают весьма большой длины, а приводятся в действие помощью одного барабана, необходимо принимать искусственные меры, чтобы создать достаточное трение между поверхностью головного барабана и поверхностью прилегающей к нему ленты. С этой целью поверхность барабана обтягивают кожей, резиной, веревкой и т. п.

Кроме того стараются увеличить дугу обхвата лентой барабана с таким расчетом, чтобы этот угол был больше 180°. Для этого расстояние между обеими ветвями транспортера делают меньшим, чем диаметр ведущего барабана, располагая по возможности ближе к нему первый поддерживающий ролик обратной ветви, который в этом случае, являясь направляющим, делается несколько большего диаметра, чем другие ролики.

Иногда для предупреждения соскальзывания ленты на сторону обод барабана делается немного выпуклым, однако этот способ рекомендовать

НБ УДУНТ (ДІІТ)

не следует, так как выпуклость обода портит ленту и укорачивает срок ее службы.

Диаметр барабанов обыкновенно определяется по следующим эмпирическим формулам:

$$D = (125 \div 150)z + 50;\ D = (75 \div 100)z + 50$$

для барабанов, огибаемых лентой на 180°.

В этих формулах приняты следующие обозначения: D — диаметр барабана в миллиметрах, z — число прокладок в ленте.

Ширина всех барабанов, огибаемых лентой, независимо от их назначения и диаметра, должна быть шире ленты на 50—100 *мм*.

Опорные и направляющие ролики. Для придания рабочей ленте определенной формы и для поддержки ее на всем расстоянии между головным и хвостовым барабанами устанавливаются опорные ролики.

Для ленты, лежащей на роликах горизонтально, применяются либо длинные цилиндрические ролики, либо же короткие ролики, в количестве от 3 до 5 шт., насаженные на одну ось, в зависимости от ширины ленты.

Для ленты жолобообразной формы применяются цилиндрические ролики, придающие ленте вид жолоба; при этом ролики располагаются следующим образом: средний устанавливается на горизонтальной оси, а крайние оси образуют с ней некоторый угол. Опоры бывают трехроликовые и пятироликовые. Углы наклона крайних роликов к горизонту для трехроликовой опоры берут в 22°30′, для пятироликовой опоры внутренние к среднему горизонтальному устанавливаются под углом в 15°, а крайние к тому же горизонтальному ролику — под углом в 30°.

Диаметр поддерживающих роликов принимается в пределах от 80 до 200 *мм*. Расстояния между роликовыми опорами по длине транспортера зависят от характера перемещаемого материала, нагрузки на ленту и от допускаемого провеса ленты между роликами.

Загрузочное приспособление. Подача материала на ленту производится посредством спускных воронок с отверстием, открытым в сторону движения ленты и ограниченным с боков направляющими бортами. Назначение воронки — направить материал на ленту и предохранить ее от повреждений. Для возможности выхода материала без задержки из воронки на ленту необходимо, чтобы отверстие воронки было достаточных размеров. Практически установлено, что размер отверстия должен быть не меньше тройного размера наибольшего куска. Ширина между бортами отверстия берется 0,6—0,7 ширины ленты в верхней части и на 100 *мм* уже ширины ленты в нижней части. Длина направляющих бортов отверстия не должна быть меньше 1,5—2,0 *м*. Загрузка ленты может производиться в любой точке между концевыми барабанами и может вестись одновременно из нескольких люков; при этом следует соблюдать лишь правило — не устанавливать загрузочную воронку ближе чем на 1,5 *м* от хвостового барабана.

Разгрузочное приспособление. Разгрузка материала с ленточного транспортера в конечном пункте происходит с головного барабана. В случае же необходимости промежуточной разгрузки применяют разгружатели стационарного или передвижного типа.

В конструктивном отношении разгружатели разделяются на две группы: разгружатели барабанного типа, обычно называемые сбрасывающими тележками, и разгружатели в виде сбрасывающих щитов.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Сбрасывающая тележка, изображенная на рис. 35, состоит из рамы, на которой укреплены два направляющих барабана, сбрасывающий кожух и ходовые колеса тележки. При передвижении тележки последняя катится на колесах по направляющим рельсам, укрепленным вдоль ленты. Передвижение тележки может производиться как вручную, так и от привода.

Сбрасывающие щиты представляют собой деревянные или металлические угольники, устанавливаемые поперек ленты под некоторым углом к направлению движения. Перемещаемый груз, упираясь в щит, передвигается вдоль него и сбрасывается в сторону. Изготовляются щиты односторонними и двухсторонними. Первые могут сгружать материал в одну лишь сторону, что благоприятствует явлению увода ленты в сторону, противоположную месту сбрасывания материала. Двухсторонний щит делается в виде плуга, и материал с ленты сбрасывается в обе стороны. Достоинством щитов является: простота конструкции, дешевизна устройства и отсутствие подъема ленты; недостатком — значительный износ ленты.

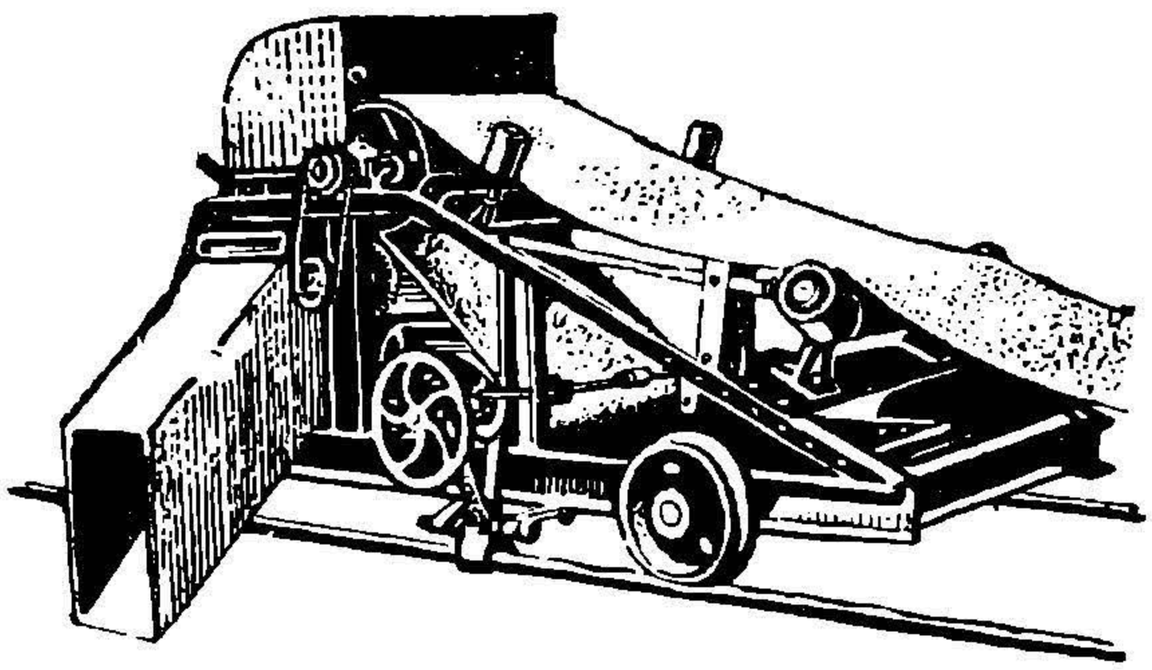


Рис. 35. Сбрасывающая тележка.

Станина для ленточных транспортеров изготовляется либо из металла и представляет собою клепаную конструкцию из углового или швеллерного железа, либо из дерева. Высота станины колеблется в пределах от 0,50 до 0,75 *м*, но в зависимости от разных условий работы транспортера может изменяться в широких пределах.

Привод. Месторасположение привода зависит от типа транспортера, его производительности и от конструкции ленты.

Натяжные устройства. Для работы транспортера необходимо соответствующее натяжение ленты, которое достигается помощью натяжного устройства, нажимающего на хвостовой барабан. Это устройство вместе с барабаном делается подвижным, причем ход их должен соответствовать длине вытягивания ленты. Обыкновенно ход натяжного устройства для горизонтального транспортера принимается равным 1%, а для наклонного — 1,25% от первоначальной длины ленты.

В зависимости от длины транспортера и его производительности изготовляют ручные и автоматические натяжные устройства.

Само собою разумеется, что автоматические натяжные устройства имеют преимущества перед ручными (винтовыми), так как они компенсируют не только одно удлинение ленты от вытягивания, но и возможные колебания в ленте вследствие изменения нагрузки на нее.

Определение производительности. Сыпучий материал, находящийся на плоской ленте, при ее движении принимает очертание параболической кривой, представленной на рис. 36.

Производительность транспортера определяется по формуле:

$$Q = 3600 \cdot F \quad v \quad \gamma \; [m/час].$$

НВ УДУНТ (ДІІТ)

Ширина слоя материала на ленте принимается:

$$b = 0{,}9B - 0{,}05 \quad м$$

и наибольшая высота

$$h = \frac{1}{18} b.$$

Площадь сечения слоя материала

$$F = \frac{2}{3} b \cdot h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{12} b^2 = \frac{1}{18} \cdot (0{,}9B - 0{,}05)^2.$$

После подстановки производительность транспортера

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \gamma = 3600 \frac{1}{18} \cdot (0{,}9B - 0{,}05)^2 \cdot v \cdot \gamma = 200 \cdot (0{,}9B - 0{,}05)^2 \cdot v \cdot \gamma \ [т/час].$$

Из этой же формулы при заданной производительности определяется и ширина плоской ленты, т. е.

$$B = 0{,}079 \sqrt{\frac{Q}{v \cdot \gamma}} + 0{,}05 \ [м].$$

Для ленты жолобообразной формы ширина

$$B_1 = \sqrt{\frac{Q}{280 \cdot v \cdot \gamma}} \ [м].$$

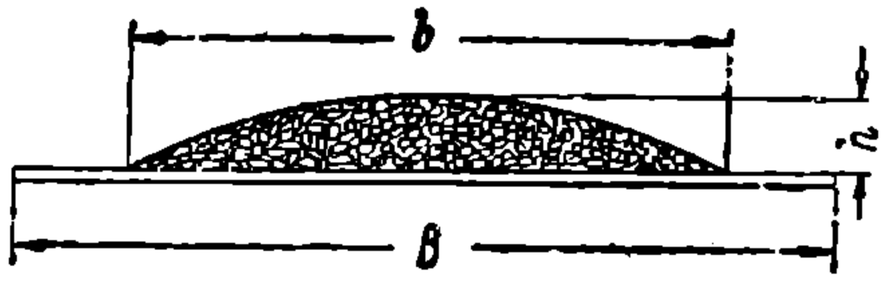


Рис. 36. Форма распределения материала.

Производительность жолобообразной ленты, при той же ее ширине, получается в среднем в 2,0—2,5 раза больше, в зависимости от ширины ленты и от угла наклона боковых поддерживающих роликов.

Для наклонных лент производительность уменьшается в зависимости от угла наклона, например при 11—15° на 5%, 16—18° на 10% и 19—22° на 15%.

Производительность ленточных транспортеров для перемещения штучных грузов определяется по формуле:

$$Q = 3600 \cdot \frac{G \cdot v}{a}.$$

Скорость ленты v зависит от формы ленты (плоская, жолобообразная), от ее ширины, рода материала, способа разгрузки и от угла наклона транспортера.

В зависимости от ширины ленты Хетцель (Hetzel) рекомендует для угля, гравия, руды и т. и. скорости ленты принимать следующие:

Ширина ленты в *см* . .	30	40	50	60	75	90	100	120
Скорость в *м/сек* . .	1,5	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0

Значения скоростей ленты в зависимости от рода материала даются Ганфштенгелем (Hanfstengel):

Тяжелое зерно .	. 2,5—3,5
Легкое „ .	. 2,0—3,0
Уголь каменный .	. 1,5—2,5
Сортировочная лента .	. 0,1—0,3
Штучные грузы	. 0,8—1,5

При применении наклонного транспортера для предупреждения скатывания материала приведенные значения скорости следует уменьшать в зависимости от угла наклона (см. табл. 18).

НБ УДУНТ (ДІТ)

Таблица 18

Понижение скорости ленты в зависимости от угла наклона транспортера

Угол наклона в градусах	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Коэфициент понижения	0,93	0,90	0,87	0,83	0,81	0,76	0,73	0,69	0,65	0,61

Определение потребной мощности двигателя. Для определения потребной мощности двигателя для ленточного транспортера необходимо учитывать затрату энергии на: 1) преодоление инерции покоя; 2) сгибание ленты поверх роликов и барабанов; 3) подъем и сопротивление груза при следовании его через ролики; 4) преодоление трения в цапфах вращающихся частей, которое зависит от веса перемещаемого груза, от собственного веса вращающихся частей и от веса самой ленты; 5) подъем груза в вертикальном направлении, если транспортер наклонный; 6) преодоление сопротивлений разгрузочных устройств.

Подробные выводы определения потребной мощности двигателя для ленточных транспортеров приведены в соответствующих курсах по транспортерам, [1] куда мы и отсылаем интересующихся; здесь же приведем следующую эмпирическую формулу:

$$N_0 = \left(\frac{k_1 \cdot L \cdot v}{1{,}5} + \frac{k_2 \cdot L \cdot Q}{300} \mp \frac{Q \cdot H}{270} + p\right)\beta \ [\text{л.с.}],$$

где

L — длина транспортера между центрами концевых барабанов в метрах;

k_1 — коэфициент сопротивления движения холостой ленты, зависящий от ширины ленты и рода подшипников; принимается по табл. 19;

k_2 — то же, коэфициент сопротивления груза; принимается по табл. 20;

β — коэфициент, зависящий от длины транспортера; принимается по табл. 21;

p — мощность в лош. силах, потребляемая разгрузочной тележкой; принимается по табл. 22.

H — высота подъема в метрах.

Таблица 19

Значение коэфициента k_1

Род подшипника	Ширина ленты в *см*							
	40	50	60	75	90	110	130	150
Скользящий	0,024	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,100
Шариковый и роликовый .	0,012	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,050

[1] Проф. П. С. Козьмин, Элеваторы, транспортеры и конвейеры, 1932. Проф. Спиваковский, Конвейерные установки, ч. I, 1932.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 20

Значение коэфициента k_2

Род подшипника	Ширина ленты в *см*							
	40	50	60	75	90	110	130	150
Скользящий	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
Шариковый и роликовый .	0,070	0,066	0,063	0,059	0,055	0,050	0,050	0,050

Таблица 21

Значение коэфициента β

Длина транспортера . *м*	до 15	15—30	30—45	свыше 45
Коэфициент β	1,20	1,10	1,05	1,00

Таблица 22

Значение p для разгрузочной тележки

Ширина ленты *см*	40	50	60	75	90	110	130	150
Потребляемая мощность *ЛС*.	1,00	1,50	1,75	2,50	3,00	4,00	6,00	7,00

Для определения установочной мощности N двигателя для ленточного транспортера необходимо ввести коэфициент преодоления инерции покоя при пуске транспортера в ход λ, значение которого колеблется от 1,25 до 1,75, и коэфициент полезного действия передачи η, который принимается:

для одной зубчатой и ременной передач	0,86
„ двух зубчатых и ременной передач	0,80
„ червячной передачи . .	0,65
„ редукторной передачи	0,82

Тогда в окончательном виде установочная мощность двигателя будет:

$$N = \frac{N_0 \cdot \lambda}{\eta} \ [ЛС].$$

Углы наклона транспортеров. Угол наклона транспортера зависит от рода перемещаемого материала и от степени гладкости поверхности ленты, при этом предельный угол наклона ленточного транспортера к горизонту, для предупреждения обратного соскальзывания материала при сотрясениях, должен быть на 10—15° меньше, чем угол трения перемещаемого по ленте материала.

В табл. 23 приведены предельные углы наклона ленточных транспортеров для разных материалов, установленные практикой.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 23

Наименование материала	Угол наклона в градусах	Наименование материала	Угол наклона в градусах
Кокс дробленый	17	Цемент	20
„ рядовой	18	Песок сухой	24
Уголь орешковый	17	„ влажный	27
„ рядовой	18	„ формовочный	25
сортовой мелкий	20	Камень дробленый	18
„ мелочь и пыль	24		
Шлак каменноугольный влажный	22		

Пример. Определить ширину ленты и потребную мощность электродвигателя для ленточного транспортера длиною 100 *м*, перемещающего 100 *т* в час сортированного камня (известняка) при размере кусков около 6 *см* в поперечнике, при насыпном весе материала, равном 1,8 *т/м*^{3} и угле наклона транспортера 15°.

По данным Хетцеля, принимаем скорость ленты для горизонтального транспортера

$$v = 1{,}5 \ м/сек,$$

а для нашего случая (угол наклона $\alpha = 15°$)

$$v = 0{,}75 \quad 1{,}5 = 1{,}125 \ м/сек.$$

Зная скорость ленты, определим ее ширину по формуле:
для плоской ленты

$$B = 0{,}079 \sqrt{\frac{Q}{\gamma v}} + 0{,}05 = 0{,}079 \sqrt{\frac{100}{1{,}8 \cdot 1{,}125}} + 0{,}05 = 0{,}55 \ м;$$

для жолобообразной ленты

$$B = \sqrt{\frac{Q}{280\gamma v}} = \sqrt{\frac{100}{280 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}125}} = 0{,}45 \ м.$$

Принимаем ленту жолобообразной формы шириною, равной 50 *см*. Потребную мощность для двигателя определяем по формуле:

$$N_0 = \left(\frac{k_1 \cdot L \cdot v}{1{,}5} + \frac{k_2 \cdot L \cdot Q}{300} + \frac{Q \cdot H}{270} + p\right)\beta.$$

По табл. 19—22 находим коэфициенты $k_1 = 0{,}02$; $k_2 = 0{,}06$; $\beta = 1{,}0$; $p = 0$, так как разгрузочное устройство отсутствует, а сбрасывание материала производится через головной барабан. Высоту подъема H определяем следующим образом:

$$H = L \sin \alpha = 100 \cdot \sin 15° = 25{,}8 \ м.$$

В результате:

$$N_0 = \left(\frac{0{,}02 \cdot 100 \cdot 1{,}125}{1{,}5} + \frac{0{,}06 \cdot 100 \cdot 100}{300} + \frac{100 \cdot 25{,}8}{270}\right) \cdot 1 \approx 12{,}5 \ ЛС.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Установочную мощность двигателя определяем по формуле:

$$N = \frac{N_0 \cdot \lambda}{\eta} = \frac{12{,}5 \cdot 1{,}5}{0{,}86} \approx 22\,ЛС$$

при $\lambda = 1{,}5$ (колеблется от 1,25 до 1,75).

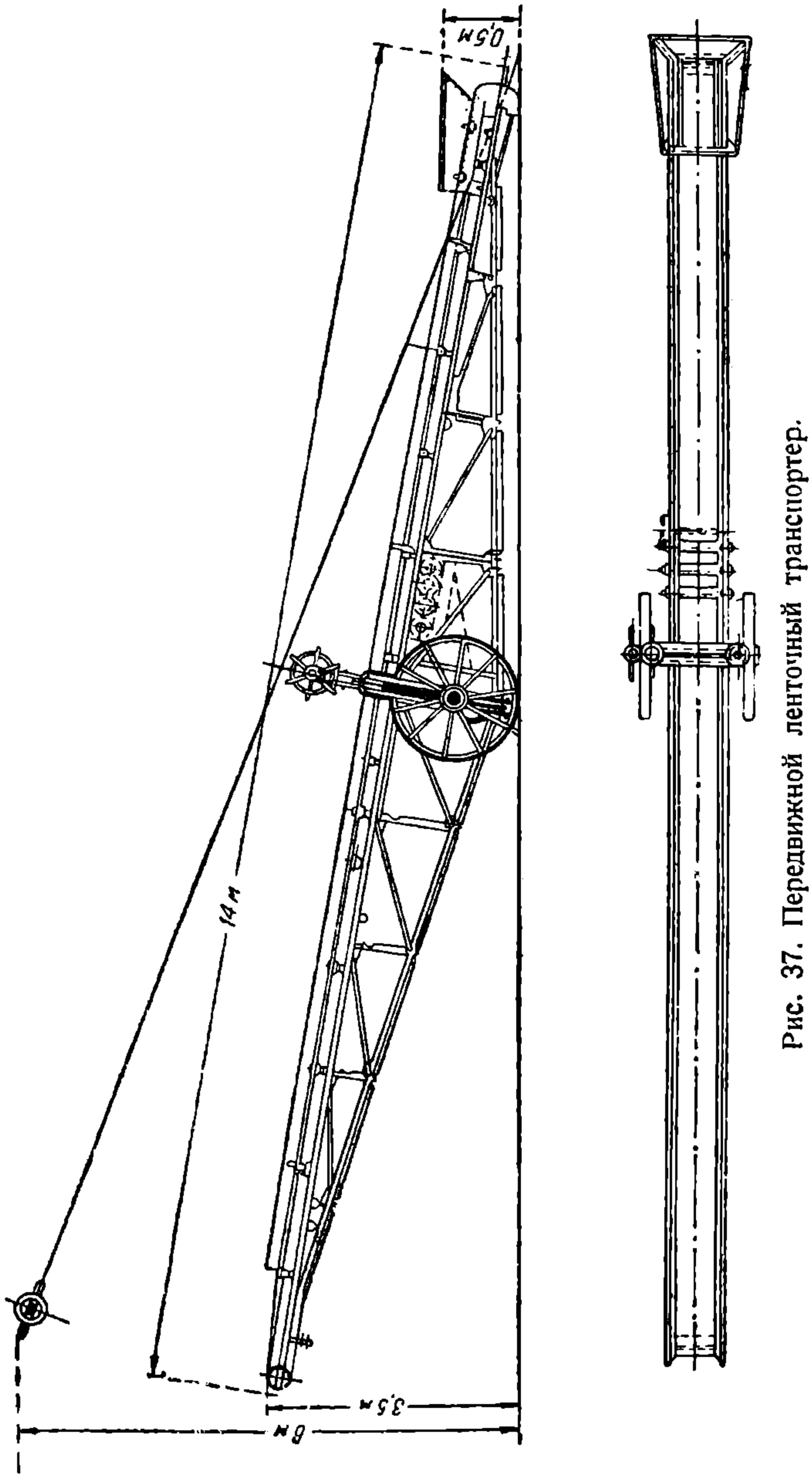


Рис. 37. Передвижной ленточный транспортер.

Принимаем двигатель в 20 *ЛС*, с числом оборотов в минуту 750.

Применение. Ленточные транспортеры в промышленности строительных материалов имеют наибольшее распространение благодаря простоте

НБ УДУНТ (ДІІТ)

конструкции, бесшумной работе, отсутствию крошения материалов. Кроме того, потребность в обслуживающем персонале, особенно при роликовых подшипниках, — весьма мала.

Основным недостатком ленточного транспортера является ограниченная крепость ленты, которая при недостаточном уходе быстро изнашивается.

Кроме указанного стационарного типа ленточных транспортеров, в настоящее время очень большое распространение получили передвижные ленточные транспортеры. На рис. 37 представлен общий вид передвижного транспортера. Он изготовляется двух основных типов: с постоянным углом наклона и с переменным. Длина таких транспортеров колеблется от 5 до 20 *м*, высота подъема — от 1 до 10 *м*, при производительности от 20 до 100 *т/час* и с потребной мощностью для двигателя от 2 до 5 *ЛС*. Передвижение самих транспортеров производится либо вручную, либо от установленного на станине двигателя.

Производственность лент дана в табл. 24.

Таблица 24

Производительность лент в *м³/час* в зависимости от формы, ширины и скорости движения лент

Форма ленты	*см* / *м/сек*	40	50	60	75	80	100	120	140	160	180	200
Плоская	1,0	20	32	50	60	90	140	215	300	400	500	630
	1,3	25	40	63	75	112	180	270	370	500	630	800
	1,7	32	50	80	95	140	225	350	490	630	800	1000
	2,1	40	63	100	120	180	280	430	600	800	1000	1250
	2,6	50	80	125	150	225	360	540	740	1000	1250	1600
Жолобообразная	1,0	40	63	100	120	180	280	430	600	800	1000	1250
	1,3	50	80	125	150	225	360	540	740	1000	1250	1600
	1,7	60	100	160	190	280	450	700	980	1200	1600	2000
	2,1	80	125	200	240	360	560	800	1200	1600	2000	2500
	2,6	100	150	250	300	450	720	1080	1480	2000	2500	3200

6. Пластинчатые или лотковые транспортеры

Пластинчатый или лотковый транспортер представляет собою бесконечный тяговой орган, натянутый по концам транспортера на два барабана и поддерживаемый по длине роликами, отстоящими друг от друга на некотором расстоянии. На тяговом органе укреплены деревянные или металлические пластинки, плоские или с бортами, которые, в зависимости от высоты бортов, могут называться и лотками.

Изображенный на рис. 38 транспортер состоит из следующих частей: тягового органа *1*, ведущего барабана с приводным устройством *2*, направляющего барабана с натяжным устройством *3*, рабочего органа *4* (пластины или лотки), станины *5*, загрузочного приспособления *6* и разгрузочного приспособления *7*.

Конструкции основных деталей пластинчатого транспортера. Тяговой орган состоит либо из цепей, либо из канатов. Более подробное описание их приведено в главе об элеваторах.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Ведущий и направляющий барабаны с приводным и с натяжным устройствами также рассматриваются в главе об элеваторах.

Рабочий орган (пластины или лотки). Рабочими органами служат пластины или лотки, которые могут быть как деревянными, так и металлическими. По форме изготовления различают два типа пластин: плоские и лотковые. Пластины или лотки обычно изготовляются немного длиннее шага цепи из тех соображений, чтобы каждая из последующих пластин перекрывала предыдущую по направлению движения.

Подобное мероприятие предохраняет цепи и другие движущиеся части от попадания в них мелочи, лежащей на пластинах. В случае перемещения материала под углом к горизонту к задним кромкам отдельных пластин прикрепляются уголки, которые препятствуют обратному скольжению материала.

Станина, или рама, пластинчатого транспортера может быть как металлической, так и деревянной.

Загрузочное приспособление. Загрузка пластинчатого транспортера производится вручную по лотку или через воронку, а также посредством питателя.

Разгрузочное приспособление. Для разгрузки перемещаемого материала обычно применяют стационарные воронки в случае разгрузки материала в конце транспортера и передвижные — при разгрузке материала в различных точках. Приемная передвижная воронка устанавливается на тележке и может передвигаться по рельсам вдоль всей линии разгрузки.

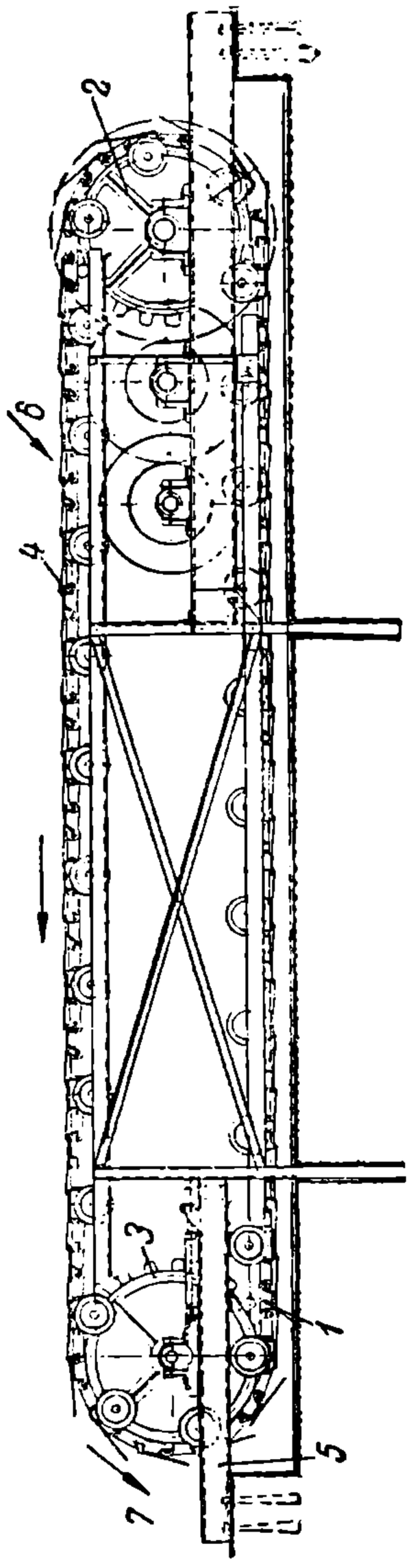


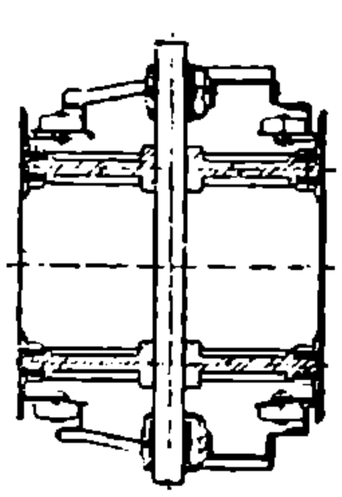
Рис. 38. Пластинчатый транспортер.

Определение производительности. Производительность пластинчатых и лотковых транспортеров определяется по формуле, которая была приведена для ленточных транспортеров.

$$Q = 3600 \cdot F \quad v \quad \gamma \ [т/час].$$

В отличие от ленточных транспортеров, для пластинчатых ширину слоя материала на плоских пластинах можно брать по формуле

$$b = (B - 0{,}1) \ [м],$$



так как пластинчатые транспортеры не обладают большими скоростями движения и, кроме того, вследствие жесткости пластин, у них не сказывается влияния неподвижных поддерживающих роликов, которые способствуют рассыпа-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

нию материала на ленточных транспортерах. Высоту слоя материала для плоских пластин принимают в пределах

$$h = \left(\frac{1}{6} \div \frac{1}{8}\right) b,$$

откуда

$$F = \frac{2}{3} b \cdot h = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{6} \div \frac{1}{8}\right) b^2 = \left(\frac{1}{9} \div \frac{1}{12}\right) b^2 \ [м^2].$$

Скорость движения для пластинчатых и лотковых транспортеров находится в зависимости от рода применения транспортера. Например, для сортировочных транспортеров $v = 0{,}05 \div 0{,}1$, для питательных $v = 0{,}10 \div 0{,}35$, для перемещения кусковых и сыпучих материалов $v = 0{,}35 \div 0{,}75$.

Ширина пластин определяется из приведенной формулы, т. е.:

для пластинчатых транспортеров

$$B = (0{,}058 \div 0{,}05) \cdot \sqrt{\frac{Q}{\gamma \cdot v}} + 0{,}1 \ [м],$$

для лотковых транспортеров

$$B = \frac{Q}{2700 \cdot h \cdot \gamma \cdot v} \ [м].$$

Полученную по этим формулам ширину транспортера необходимо проверить по наибольшим размерам перемещаемых кусков материала.

Для кусков материала, имеющих поперечное сечение до 70 *см*, ширина транспортера не должна быть меньше четырехкратного размера для среднего куска и трехкратного размера для куска наибольшего размера; количество последних не должно быть более 10% от общей массы.

Определение потребной мощности двигателя. Потребная мощность двигателя для указанных транспортеров определяется по формуле:

$$N = \frac{v}{75 \cdot \eta} (k \cdot q_0 \cdot L + 0{,}1 \cdot q_0 H + k_1) + \frac{k \cdot Q \cdot L}{270 \cdot \eta} + \frac{Q \cdot H}{270 \cdot \eta} \ [ЛС];$$

здесь:

k — коэфициент, зависящий от опоры и смазки (берется по табл. 25)

k_1 — коэфициент, зависящий от конструкции опоры (берется по табл. 25);

q_0 — вес движущихся частей (определяется подсчетом).

Таблица 25

Род опоры, смазка и конструкция цепей и приводов	k	k_1
Для цепей с ходовыми роликами, со смазкой под давлением, а также с совершенными приводами, направляющими устройствами и цепями (втулочные цепи) . . .	0,06	50
Для цепей с ходовыми роликами при густой смазке, простой конструкции цепей и привода	0,07	100
Для скользящих опор, простой конструкции цепей и привода	0,22	120

Угол наклона. Пластинчатые и лотковые транспортеры бывают как горизонтальные, так и наклонные.

Угол наклона гладких транспортеров не превышает 22—25°, а в случае применения пластин или лотков с бортами, препятствующими соскаль-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

зыванию материала, угол наклона транспортера может быть доведен до 40°. Выше указанного угла наклона устанавливать транспортеры не рекомендуется, так как они себя не оправдывают в отношении производительности и эксплоатационных расходов.

В табл. 26 дана зависимость между производительностью транспортера и углом наклона.

Таблица 26

Углы наклона	до 20°	20—25°	25—30°	30—35°	40°	45°
Процент от производительности горизонтального транспортера . .	100	95	85	70	50	40

Пример. Определить ширину пластин и потребную мощность электродвигателя для наклонного пластинчатого транспортера, перемещающего 200 *т* известкового камня с насыпным весом $\gamma = 2$. Высота подъема транспортера 3 *м*, расстояние между центрами поперечных барабанов 30 *м*, скорость движения транспортера 0,5 *м/сек*, размер кусков в среднем 10 *см* в количестве до 10% от общей массы.

Определяем высоту бортов транспортера, исходя из двойного размера наибольшего куска, т. е.

$$h = 2 \cdot 0{,}1 = 0{,}2 \ м.$$

Ширину пластин определяем по формуле:

$$B = \frac{Q}{2700 \cdot h \cdot \gamma \cdot v} = \frac{200}{2700 \cdot 0{,}2 \cdot 2 \cdot 0{,}5} = 0{,}37 \ м.$$

Принимаем $B = 0{,}4 \ м$.

Угол наклона транспортера определяем по формуле:

$$\sin \alpha = \frac{H}{L} = \frac{3}{30} = 0{,}10$$

или угол $\alpha = 6°$, т. е., согласно табл. 26, вводить поправки на принятую скорость движения 0,5 *м/сек* не требуется.

Выбираем цепь с шагом 120 *мм*, с диаметром цепных роликов 75 *мм*, с весом 1 *пог. м* движущихся частей транспортера $q_0 = 45$ *кг*, с допускаемой нагрузкой, равной 3800 *кг*.

Потребную мощность электродвигателя определяем по формуле:

$$N = \frac{v}{75 \cdot \eta}(k \cdot q_0 \cdot L + 0{,}1H \cdot q_0 + k_1) + \frac{k \cdot Q \cdot L}{270 \cdot \eta} + \frac{Q \cdot H}{270 \cdot \eta} =$$

$$= \frac{0{,}5}{75 \cdot 0{,}7}(0{,}06 \cdot 45 \cdot 30 + 0{,}1 \cdot 3 \cdot 45 + 50) +$$

$$+ \frac{0{,}06 \cdot 200 \cdot 30}{270 \cdot 0{,}7} + \frac{200 \cdot 3}{270 \cdot 0{,}7} = 6{,}5 \ ЛС.$$

Применение. Пластинчатые и лотковые транспортеры применяются для грубой работы, когда нельзя применить ленточный транспортер.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Область их применения весьма ограничена, так как по сравнению с ленточными транспортерами они отличаются большей стоимостью.

Наибольшее распространение этот вид транспортера имеет для целей питания агрегатов материалами, например для подачи больших кусков мергеля в дробилке системы «Титан» и др.

Кроме того в последнее время, в связи с механизацией погрузочно-разгрузочных работ на железных дорогах и в больших складах, с успехом применяются передвижные пластинчатые транспортеры.

К числу достоинств пластинчатого транспортера относится сохранение материалом первоначальной формы, т. е. материал не дробится при перемещении, а также расходуется меньшее количество энергии, по сравнению со скребковым транспортером.

К недостаткам пластинчатого транспортера относится его дороговизна и громоздкость конструкции.

7. Скребковые транспортеры

Скребковый транспортер представляет собою бесконечный тяговой орган, натянутый на два барабана на концах транспортера. На тяговом органе укреплены на определенном расстоянии друг от друга деревянные или металлические скребки. Последние передвигаются в открытом жо-

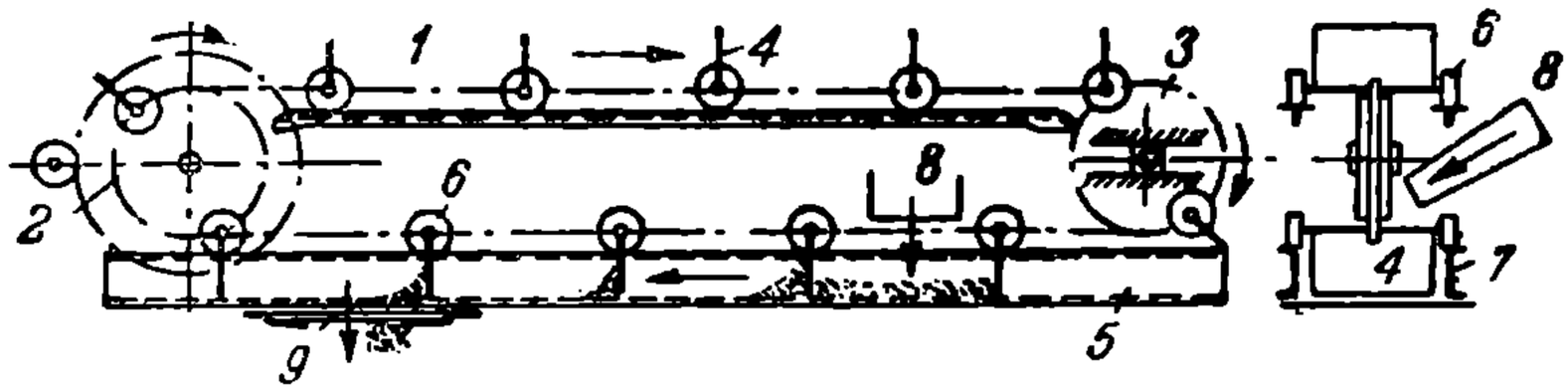


Рис. 39. Скребковый транспортер.

лобе посредством цепей, перемещая при этом материал, расположенный перед ними по дну жолоба. Очертания скребков соответствуют форме жолоба.

Желоба изготовляются открытыми сверху, и материал посредством подводящих лотков может быть направлен в любую точку жолоба. Для опорожнения жолоба в его дне устраиваются отверстия, закрываемые заслонками.

Скребковый транспортер, изображенный на рис. 39, состоит из следующих частей: тягового органа *1*, скребков *4*, роликов *6*, жолоба *5*, станины *7*, привода *2*, натяжного устройства *3*, загрузочного приспособления *8* и разгрузочного *9*.

Перемещение материала на скребковом транспортере может производиться как по верхней, так и по нижней ветвям, а в некоторых случаях возможно и одновременное перемещение по обеим ветвям.

Конструкции основных деталей скребкового транспортера. Т я г о в ы й о р г а н состоит либо из цепей, либо из канатов.

Из разных типов цепей преимущественно применяются следующие: 1) корабельные сварные и 2) шарнирные (из стали или ковкого чугуна).

Преимуществом сварных цепей является дешевизна их; недостаток же их заключается в неравномерном вытягивании, вследствие чего происхо-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

дит перекос скребков, что делает невозможным применение этого типа цепей для транспортеров большой производительности.

Нередко для транспортеров в качестве тягового органа применяются и стальные канаты (тросы), которые лучше и дешевле цепей. Однако они имеют тот недостаток, что вытягиваются во время работы, чем нарушается шаг между отдельными скребками; кроме того канаты быстрее изнашиваются по сравнению с цепями.

Скребки изготовляются как из металла, так и из дерева. Металлические скребки обычно бывают стальные, толщиной от 3 до 6 *мм*.

По форме скребки различают прямоугольные, прямоугольные со скошенными углами, трапецоидальные и треугольные.

Наилучшей формой скребка считается трапецоидальная, которая и имеет наибольшее распространение, вследствие того, что при этой форме скребка уменьшается сопротивление материала при передвижении его по жолобу.

На сопротивление движению также оказывает влияние отношение высоты скребка к его ширине. Это отношение обычно принимают в пределах от 0,3 до 0,5.

Желоба изготовляются из металла, а также из дерева. Деревянные желоба для предохранения от износа в большинстве случаев закрываются металлической обшивкой. При металлическом жолобе толщина стали обычно берется от 5 до 7 *мм*.

Форма жолоба выполняется в зависимости от формы скребка. Зазор между скребком и дном жолоба обыкновенно принимается от 3 до 5 *мм*.

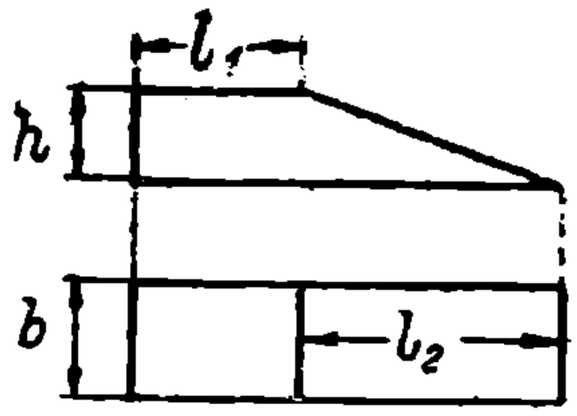


Рис. 40. Форма распределения материала.

Станина, или рама, скребкового транспортера изготовляется либо из металла, либо из дерева. Металлическая станина в большинстве случаев выполняется из отдельных звеньев.

Привод и натяжное устройство для скребковых транспортеров ничем не отличаются от таких же устройств, описанных при рассмотрении элеваторов.

Загрузочное и разгрузочное приспособления. Подача материала в скребковые транспортеры производится путем засыпки материала в жолоб: при этом в местах загрузки жолоб должен быть оборудован наклонными боковыми стенками, чтобы материал не падал мимо.

Разгрузка материала в нужном месте достигается устройством отверстий в днище жолоба.

Определение производительности. При определении производительности этих транспортеров необходимо учитывать, что обыкновенно материал в них не имеет равномерного и полного заполнения промежутков между скребками при передвижении, а заполняет его в виду куч призматической формы, как это показано на рис. 40.

Определение производительности транспортера производится по следующей формуле:

$$V = 3\,600 \cdot \frac{i}{a} \cdot v \cdot \psi \ [м^3/час]$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

или

$$Q = 3600 \cdot \frac{i}{a} \cdot v \quad \gamma \cdot \psi \, [m/час] ,$$

где

$$i = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b \cdot h$$

Отношение $\frac{h}{b} = 0{,}3 \div 0{,}5$; i — колеблется от 2 до 20 *л*.

Скорость движения скребкового транспортера обычно колеблется в пределах $v = 0{,}25 \div 0{,}75$ [*м/сек*].

В табл. 27 приведены данные о различных скоростях этих транспортеров.

Таблица 27

Наименование материалов	v *м/сек*
Материал хрупкий, абразивный, слеживающийся и т. п. .	0,25
Уголь рядовой, сортовой, кокс .	0,50
Цемент, известь, зола	0,55
Песок, гравий, дробленый камень	0,60
Мелкий уголь (штыб)	0,75

Значение для шага *a* скребков принимается в пределах от 0,4 до 1,0 *м*; значение для $\psi = 0{,}60 \div 0{,}95$ — из опыта.

Кроме того, в табл. 28 дано соотношение между шириной жолоба и размерами кусков материала, которое необходимо соблюдать в скребковых транспортерах.

Таблица 28

k_{max}	$\frac{b}{3{,}0 \div 3{,}6}$	Для одноцепных транспортеров
k_{med}	$\frac{b}{6{,}0 \div 8{,}0}$	
k_{max}	$\frac{b}{2{,}0 \div 2{,}2}$	Для двуцепных транспортеров
k_{med}	$\frac{b}{3{,}0 \div 4{,}0}$	

В случае применения наклонного скребкового транспортера в приведенную ранее формулу производительности необходимо ввести поправочный коэфициент, в зависимости от степени наклона транспортера, согласно табл. 29.

Таблица 29

Угол наклона	10°	15°	20°	30°	45°
Коэфициент .	0,85	0,75	0,65	0,50	0,33

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Определение потребной мощности для двигателя. Для определения потребной мощности двигателя для скребкового транспортера необходимо учитывать затрату энергии на преодоление: 1) сопротивления трения материала о жолоб; 2) трения скольжения на ползунах или сопротивления на роликах, поддерживающих цепи со скребками; 3) дополнительного сопротивления от изгиба цепей; 4) трения в подшипниках барабанов; 5) то же в зубчатой передаче.

Подробные выводы определения потребной мощности двигателя для скребковых транспортеров приведены в соответствующих курсах по транспортерам, куда мы и отсылаем интересующихся; здесь же приведем следующие эмпирические формулы, применяемые американской фирмой Рекс (Rex):

для горизонтального транспортера

$$N_1 = 0{,}0043 \frac{L}{\eta} (Q \cdot f_1 + 7{,}28 q_1 \cdot f_2 \cdot v) \quad [ЛС];$$

для наклонного транспортера

$$N_н = N_г + 0{,}00413 \frac{Q \cdot H}{\eta} [ЛС],$$

где

L — длина транспортера между центрами звездочек в метрах;
Q — производительность в *т/час*;
q_1 — вес 1 *пог. м* движущихся частей транспортера (цепи со скребками) в килограммах (колеблется от 36 до 119 *кг*);
H — высота подъема в метрах;
f_1 — коэфициент трения материала о жолоб;
f_2 — то же движущихся частей транспортера (ролики, ползуны).

Значения коэфициентов f_1 и f_2 приведены в табл. 30 и 31.

Таблица 30

Значение коэфициента f_1

Наименование материала	Коэфициент трения					
	о железо		о дерево		о бетон	
	$f_{1д}$	$f_{1п}$	$f_{1д}$	$f_{1п}$	$f_{1д}$	$f_{1п}$
Зола сухая .	0,47	0,84	0,84	0,10	0,84	1,00
Шлак .	0,70	1,19	—	—	—	—
Гравий	0,58	1,00	—	—	—	—
Известняк бутовый .	0,58	1,00	—	—	—	—
Мергель . .	0,58	1,00	—	—	—	—
Антрацит .	0,29	0,84	0,47	0,8	0,51	0,90
Кокс	0,40	0,84	—	—	—	—
Уголь бурый воздушно-сухой	0,58	1,00	0,70	1,00	1,0	1,00
Уголь крупный . .	0,57	1,00	—	—	—	—
„ орешковый	0,32	0,84	0,47	0,84	0,50	0,90
порошкообразный .	0,72	1,15	—	—	—	—
котельный .	0,66	1,10	—	—	—	—

Примечание. $f_{1д}$ — коэфициент трения движения; $f_{1п}$ — то же покоя.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 31

Значение коэфициента f_2

Характеристика опор		Коэфициент трения	
		пусковой	ходовой
Цепи с роликами .	150 *мм*	0,09	0,06
» »	125 »	0,10	0,07
» » »	100 »	0,11	0,08
» » »	75 »	0,12	0,09
» » »	65 »	0,15	0,12
» » »	50 »	0,20	0,15
» » »	40 »	0,20	0,15
Скребковые цепи без роликов	.	0,35	0,20
Опорные лапы	.	0,35	0,20

Коэфициент η принимается от 0,80 до 0,90.

Пример. Определить количество материала i и потребную мощность двигателя для скребкового транспортера длиною 40 *м*, перемещающего в час 30 *т* дробленого (орешкового) угля, при скорости тягового органа 0,6 *м/сек*, расстоянии между скребками 0,5 *м*, насыпном весе угля 0,8 $т/м^3$ и коэфициенте наполнения 0,95.

$$Q = 3600 \cdot \frac{i \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi}{a},$$

откуда

$$i = \frac{Q \quad a}{3600 \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi} = \frac{30 \cdot 0{,}5}{3600 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}95} = 0{,}009 \ м^3.$$

Потребную мощность двигателя определяем по эмпирической формуле Рекса:

$$N = 0{,}0043 \frac{L}{\eta} (Q \cdot f_1 + 7{,}28 \cdot q_1 \cdot f_2 \cdot v) =$$

$$= 0{,}0043 \cdot \frac{40}{0{,}84} (30 \cdot 0{,}57 + 7{,}28 \quad 36 \cdot 0{,}12 \quad 0{,}6) =$$

$$= 7{,}3 \ ЛС.$$

Применение. Подобно ленточным и пластинчатым транспортерам, скребковые транспортеры применяются для перемещения насыпных материалов разных размеров.

Они имеют следующие преимущества перед ленточными транспортерами: меньшую стоимость, удобство загрузки и разгрузки материала, возможность перемены направления движения на обратное, возможность перемещения горячих и разъедающих ленту материалов, больший угол подъема и т. п.

К недостаткам их следует отнести: невозможность перемещения хрупких материалов без повреждения, большой износ и повышенный расход энергии.

8. Транспортеры с колебательным движением

Транспортер с колебательным движением представляет собою жолоб, укрепленный на опорных стержнях или роликах. Жолобу от привода придается колебательное движение вперед и назад.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Различают транспортеры по давлению, оказываемому перемещаемым материалом на дно жолоба, которое бывает либо переменным, либо постоянным.

Типы транспортеров с колебательным движением. 1) Желоба с переменным давлением материала на дно. Давление материала на дно жолоба постоянно изменяется вследствие быстро-следующих друг за другом подъемов и опусканий жолоба.

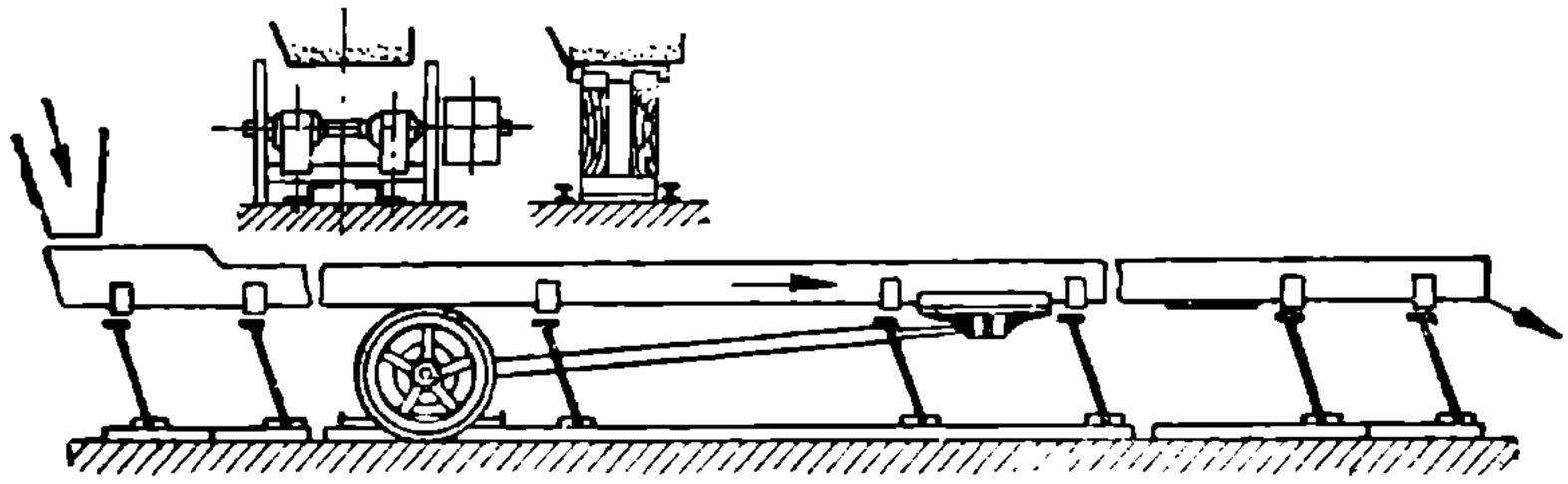


Рис. 41. Транспортер с переменным давлением материала на дно жолоба.

Изображенный на рис. 41 транспортер с переменным давлением материала на дно жолоба состоит из следующих частей (см. рис. 43): жолоба *1*, наклонных стержней (штанг) *2* (на рис. 43 это — направляющие ролики), станины (балки) *3*, приводного механизма *4*, загрузочного и разгрузочного устройств *6*.

Распределение усилий, действующих на частицу материала, показано на рис. 42.

Получая движение от шатунно-кривошипного механизма, жолоб, вследствие связи его с наклонными стержнями, при движении вперед несколько приподнимается, а при движении назад — опускается.

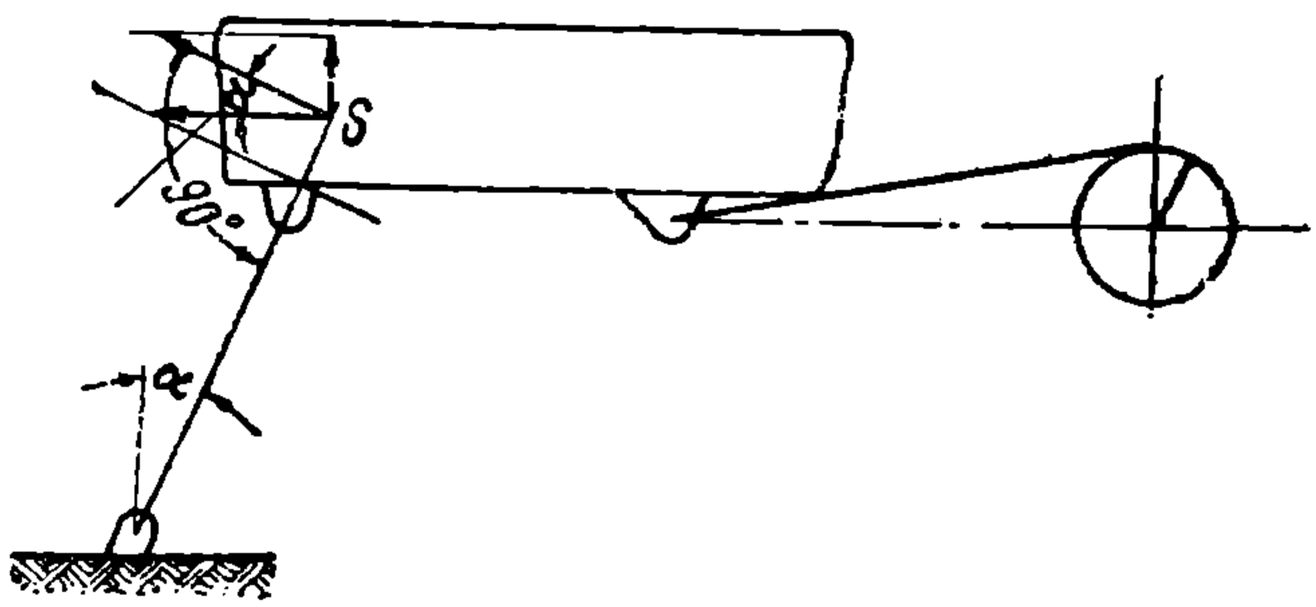


Рис. 42. Схема распределения усилий.

При подъеме жолоба сила инерции материала, находящегося на жолобе, направлена вниз и увеличивает давление материала на дно жолоба, а следовательно, и трение между ними. При опускании жолоба, наоборот, сила инерции материала направлена вверх и, следовательно, уменьшает давление материала на дно жолоба и трение между ними.

Таким образом, при движении горизонтального жолоба вперед материал будет находиться под действием двух сил: силы трения материала о жолоб, которая будет стремиться передвинуть материал в направлении движения жолоба, и силы инерции материала, которая будет препятствовать его передвижению.

При известных соотношениях силы трения и ускорения жолоба материал получит некоторое ускорение и начнет двигаться вперед до тех пор,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

пока скорость его не сравняется со скоростью жолоба при замедлении движения последнего во второй половине хода вперед.

После этого материал будет по инерции скользить вперед по плоскости, причем сила трения его о жолоб будет препятствовать этому скольжению и, следовательно, будет замедлять движение материала по жолобу. Вследствие уменьшения силы трения при обратном ходе жолоба материал будет скользить по жолобу в продолжение большей части обратного хода

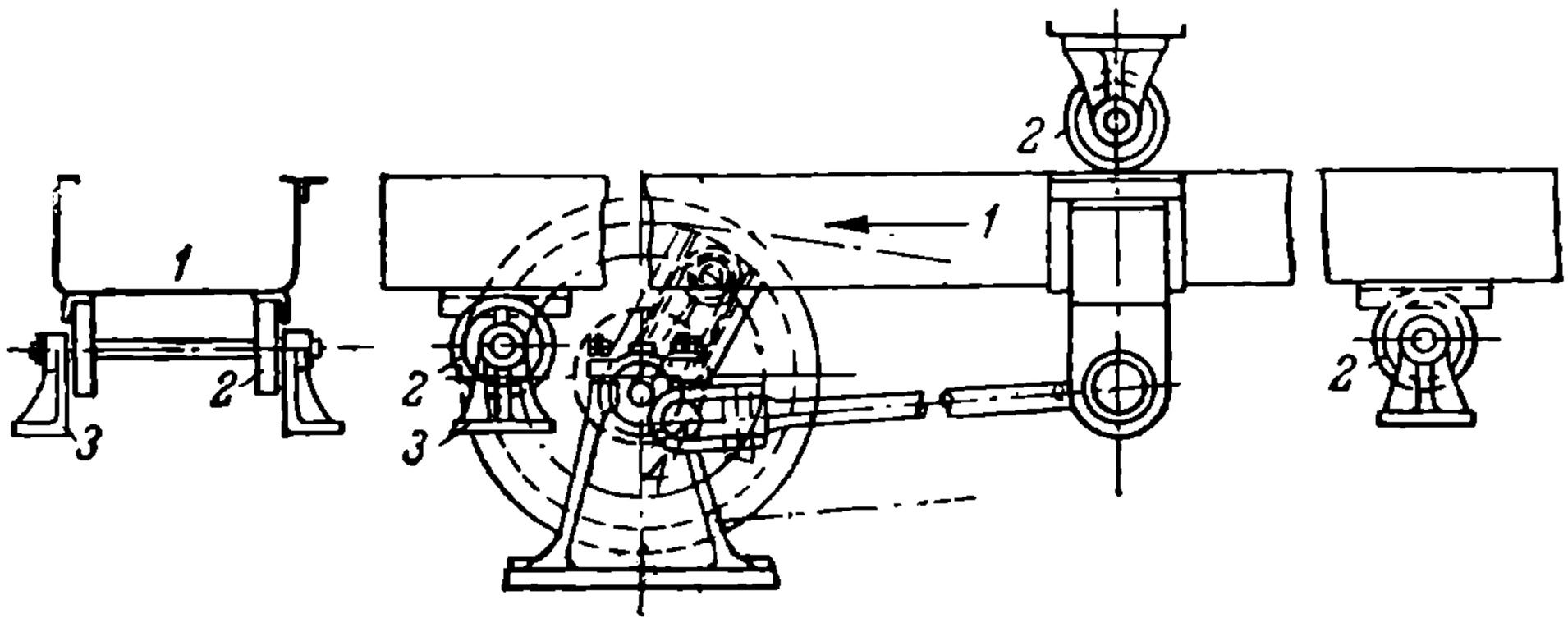


Рис. 43. Транспортер с постоянным давлением материала на дно жолоба.

его, пока скорости их в конце обратного хода жолоба опять не станут равными, после чего материал получает новое ускорение вперед, и весь цикл начинается с начала.

Для передачи движения частице материала, как сказано ранее, служит шатунно-кривошипный механизм.

По данным Ганфштенгеля, радиус кривошипа у транспортера принимается от 10 до 20 *мм*, вследствие чего величина размаха колебаний жолоба незначительна.

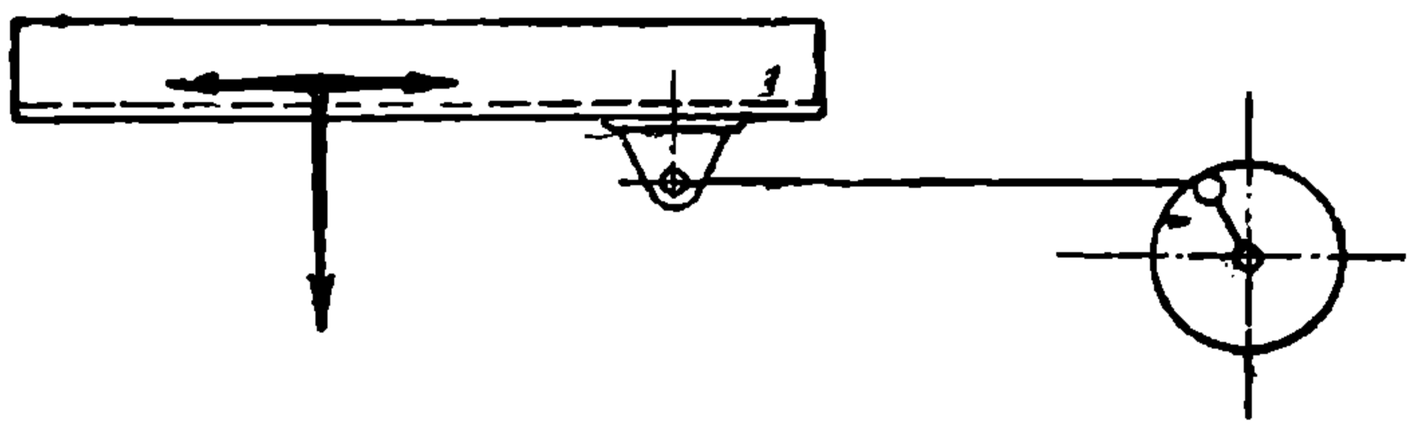


Рис. 44. Схема распределения усилий.

Число оборотов вала кривошипа в минуту принимается от 300 до 400.

Желоба изготовляются либо металлическими, либо деревянными, шириною от 0,2 до 1,0 *м*, длиною до 50 *м*. Угол наклона жолоба обычно не превышает 15°.

Жолоб с постоянным давлением материала на дно жолоба. Давление материала на дно жолоба не меняется, и при этом дно жолоба перемещается только в собственной плоскости.

Изображенный на рис. 43 транспортер с постоянным давлением материала на дно жолоба состоит из следующих частей: жолоба *1*, направляю-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

щих роликов *2*, станины *3*, приводного механизма *4*, загрузочного устройства и разгрузочного устройства.

Распределение усилий, действующих на частицу материала, показано на рис. 44.

Для приведения в движение транспортера применяется привод с особыми соотношениями скоростей и ускорений. Для этой цели служат приспособления, которые устроены таким образом, что заставляют жолоб вместе с транспортируемым материалом перемещаться вперед с очень незначительной скоростью, а затем обратно жолоб отдергивается настолько быстро, что инерция материала в жолобе преодолевает силу трения и вызывает скольжение материала по жолобу. Вследствие этого путь, пройденный материалом в одном направлении, больше пути, пройденного в другом направлении и в результате достигается перемещение частиц материала.

По другому способу жолобу сообщается возможно бо̀льшая скорость, затем во время прямого хода его внезапно останавливают, благодаря чему материал устремляется вперед. При обратном движении жолоб снова захватывает материал обратно.

Обычно радиус кривошипа у этого транспортера принимается от 50 до 150 *мм*, число оборотов вала кривошипа в минуту принимается от 50 до 85.

Желоба изготовляются из металла или из дерева шириною от 0,2 до 1,2 *м*. Длина жолоба обыкновенно изготовляется не более 50 *м*.

Угол наклона транспортера не превышает 15°.

Определение производительности.

$$V = 3600 \cdot F \cdot v = 3600 \cdot B \cdot h \cdot v \ [м^3/час];$$

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \gamma = 3600 \cdot B \cdot h \cdot v \cdot \gamma \ [т/час].$$

Скорости и число оборотов для транспортеров с переменным давлением материала на дно жолоба, в зависимости от радиуса кривошипа и угла наклона штанг, определяются по табл. 32.

Таблица 32

Радиус кривошипа *м*	$\alpha = 16°$		$\alpha = 18°$		$\alpha = 20°$	
	n	*v*	*n*	*v*	*n*	*v*
$r = 0{,}010$	560	0,129	526	0,137	498	0,146
$r = 0{,}015$	457	0,158	429	0,168	406	0,178
$r = 0{,}020$	396	0,183	372	0,195	352	0,206
$r = 0{,}025$	354	0,204	333	0,218	314	0,230

Скорость для транспортеров с постоянным давлением материала на дно жолоба принимается от 0,1 до 0,3 *м/сек*.

По исследованиям Бюле (Bühle) высота слоя материала может быть принята равной следующим величинам:

для порошкообразного материала 20—30 *мм*
„ мелкокускового „ 40—60 „
„ крупнокускового „ 60—80 „

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Определение потребной мощности двигателя. Для транспортера с переменным давлением материала на дно жолоба. По данным Г. Ганфштенгеля

$$N = \frac{n^3 \quad r^2 \cdot G_s}{4000} + \frac{w \cdot Q \quad L}{270} [ЛС],$$

где

G_s — вес частей, совершающих колебательное движение;
r — радиус кривошипа в метрах;
w — коэфициент, зависящий от угла α;
n — число оборотов в минуту.

Для транспортера с постоянным давлением материала на дно. По данным проф. Левенсона, для второго типа транспортеров

$$N = 0{,}0018 \ (G + G_0) \ [ЛС],$$

где

G_0 — вес жолоба, $^2/_3$ веса шатуна и $^1/_4$ веса поддерживающих роликов в килограммах.

Пример. Определить ширину жолоба и потребную мощность электродвигателя для транспортера с переменным давлением материала на дно жолоба, если производительность транспортера составляет 30 *т/час* кускового угля, при насыпном весе 0,8, скорости 0,18 *м/сек* и высоте слоя материала 0,08 *м*.

Из формулы: $Q = 3600 \cdot B \cdot h \cdot v \cdot \gamma$ определяем:

$$B = \frac{Q}{3600 h \cdot v \cdot \gamma} = \frac{30}{3600 \cdot 0{,}08 \cdot 0{,}18 \cdot 0{,}8} = 0{,}725 \ м.$$

Из табл. 32 видно, что при скорости 0,206 соответственно получаем $\alpha = 20°$ и $r = 0{,}020$. Определим число оборотов для нашего случая:

$$n_1 \cdot \frac{v_1}{v} = n = 352 \cdot \frac{0{,}18}{0{,}206} = 308;$$

принимаем 320 *об/мин*.

Приняв высоту бортов жолоба 150 *мм* и толщину стенок 3 *мм*, определяем вес частей, совершающих колебательное движение, т. е. $G_s = 1150$ *кг*.

Следовательно, по Ганфштенгелю

$$N = \frac{n^3 \cdot r^2 \cdot G_s}{4000} + \frac{w \cdot Q \cdot L}{270} =$$

$$= \frac{320^3 \cdot 0{,}020^2 \cdot 1{,}15}{4000} + \frac{0{,}53 \cdot 30 \cdot 40}{270} = 6{,}2 \ ЛС.$$

Значение коэфициента w в зависимости от угла α следующее:

$\alpha =$	16°	18°	20°
$w =$	0,67	0,60	0,53

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Применение. Транспортеры с колебательным движением применяются как для перемещения различных материалов, например дробленый камень, песок, кусковая глина и др., так и в качестве питателей для подачи равномерными порциями материала для загрузки других агрегатов. Эти транспортеры можно также применять для сортировки и просеивания различных материалов, в виду того что материал равномерно распределяется по дну жолоба и при движении подвергается встряске, помогающей отсортированию материала. При этом необходимо только соответствующим образом приспособить жолоб, т. е. сделать его доступным с одной или двух сторон.

В случае необходимости перемещения горячих материалов эти транспортеры также пригодны.

К достоинству транспортеров с колебательным движением следует отнести: 1) простоту конструкции, 2) незначительный уход и 3) незначительные габаритные размеры.

К числу недостатков относятся: 1) большой расход энергии и 2) ограничение в отношении перемещения на большие расстояния.

9. Скреперные транспортеры

Скреперный транспортер представляет собою скрепер (ковш), двигающийся вперед и назад при помощи канатов, прикрепленных к скреперу. Для приведения скрепера в движение служит лебедка.

Скреперные транспортеры применяются для перемещения материалов на поверхности земли и под землей.

Конструкции основных деталей скреперного транспортера. Скрепер (ковш) изготовляется из металла: штампованный — при небольшой емкости (до 0,75 $м^3$) и клепаный из отдельных полос—при большой емкости. Снизу к скреперу прикрепляется режущее лезвие, сменяющееся по мере изнашивания и предохраняющее от износа основной корпус скрепера при зачерпывании.

В случае если скрепер предназначается для перемещения глины или песка, когда материал отличается плотностью, к нижней части скрепера прикрепляются отдельные зубья.

Скреперы бывают самой разнообразной формы, в зависимости от характера перемещаемого материала. Так, например, для клинкера, угля и т. п. обычно применяется подковообразная форма скрепера; для песка, глины и т. п. — V-образная форма, а для рытья котлованов и чистки каналов употребляется форма, показанная на рис. 45.

Головные и хвостовые столбы служат для прикрепления на них блоков, поддерживающих канаты, идущие от лебедки к скреперу. Обычно столбы изготовляются в виде клепаной металлической колонны.

Блоки и канаты. В большинстве случаев блоки изготовляются из стали с расчетом на большую крепость и на незначительный вес. Блоки небольших размеров изготовляются с обычными подшипниками из фосфористой бронзы, а блоки больших размеров снабжаются роликовыми подшипниками.

Канаты по своему назначению разделяются на: головной, хвостовой и поддерживающий.

Головной канат идет от барабана силовой установки к скреперу, пк е-редней части которого он и прикрепляется.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Хвостовой канат идет от барабана силовой установки через ведущий блок, установленный на головном столбе, и затем через блок быстро перемещающегося каната, соединенного с ручной лебедкой или с третьим барабаном силовой установки, а затем через блок, укрепленный на хвостовом столбе, он присоединяется к хвостовой части скрепера.

Поддерживающие канаты служат для оттяжки столбов.

Блоки и канаты (кроме поддерживающих) относятся к деталям, которые подвергаются наибольшему износу. Расходы по смене блоков и особенно канатов составляют главные затраты по эксплоатации скреперных транспортеров.

Для уменьшения износа блоки и канаты изготовляются из специальных сортов стали. Чрезмерный износ канатов объясняется тяжелыми условиями их работы, как, например: волочение по складу, работа на открытом воздухе, под действием различных атмосферных явлений, перегибы на блоках и барабанах, внезапные перегрузки из-за случайных сопротивлений и т. п.

Лебедка. В зависимости от размеров скреперного транспортера применяются — лебедка фрикционная при небольшой производительности

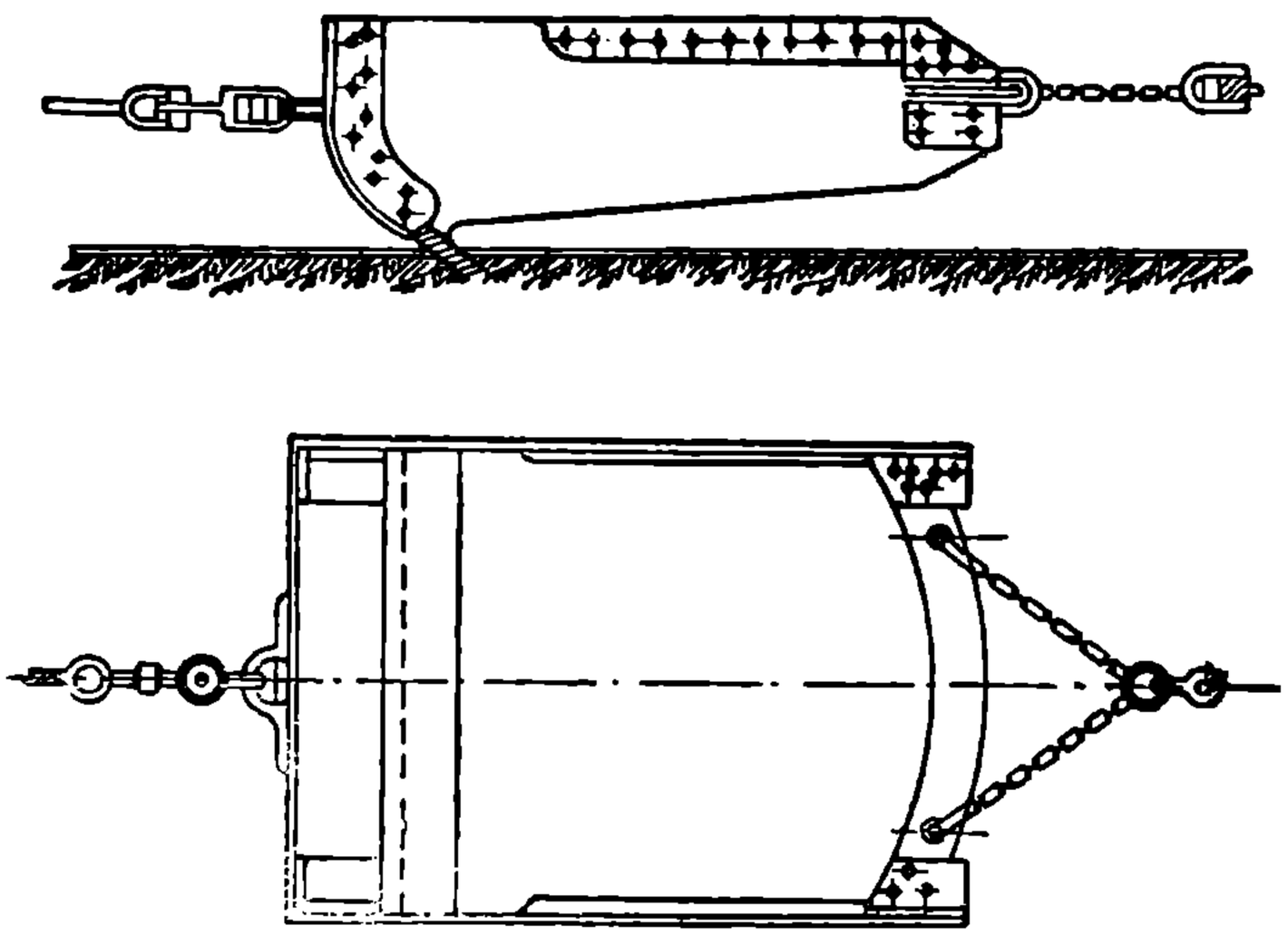


Рис. 45. Ковш с зубьями.

и лебедка с зубчатыми колесами для крупных установок. Двигатели и лебедки устанавливают электрические, газолиновые или паровые.

Определение производительности. Производительность скреперного транспортера колеблется в широких пределах, в зависимости от емкости скрепера, длины перемещения материала, скорости перемещения и рода транспортируемого материала.

Производительность транспортера может быть подсчитана по следующей формуле:

$$Q = \frac{3600 \cdot i \cdot \psi \cdot v \cdot \gamma}{2 \cdot L}.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

В табл. 33 приведены данные, [1] характеризующие скреперный транспортер и его производительность в тоннах в час, подсчитанную при коэфициенте заполнения скрепера $\psi = 1{,}25$, при скорости рабочего хода скрепера — 1,25 *м/сек* и холостого хода — 2,75 *м/сек*.

Определение потребной мощности двигателя (для лебедки). Потребная мощность двигателя для лебедки определяется по следующей формуле:

$$N = \frac{1000 \cdot i \quad w \cdot v}{75 \cdot \eta},$$

где w — коэфициент тяги, равный 1,5.

Пример. Определить потребную мощность двигателя для лебедки, установленной на складе для гравия, если емкость скрепера — 3 $м^3$, скорость движения скрепера — 1,2 *м/сек*, коэфициент полезного действия — 0,85, коэфициент тяги — 2, то

$$N = \frac{1000 \cdot i \cdot w \cdot v}{75 \cdot \eta} = \frac{3000 \cdot 2 \cdot 1{,}2}{75 \cdot 0{,}85} \approx 112 \; ЛС.$$

Достоинства и недостатки оборудования складов скрепером. К достоинствам скреперного оборудования складов относятся:

1) меньшие первоначальные затраты на оборудование по сравнению с другим каким-либо оборудованием склада при разных условиях;

2) меньшие эксплоатационные расходы, так как при скреперном транспортере наиболее изнашивающимися частями являются блоки и канаты, затраты на замену которых ниже стоимости запасных частей других типов оборудования;

3) минимальная потребность в обслуживающем персонале (один-два человека);

4) несложность оборудования, не требующая высокой квалификации работников;

5) гибкость в работе, особенно при оборудовании склада передвижными устройствами;

6) независимость в очертании форм склада (круглая, прямоугольная, секторная и др.);

7) незначительное увеличение затрат при возрастании производительности установки;

8) меньшая способность к пылеобразованию.

Кроме того, в случаях применения скреперного транспортера для угольных складов, при возникновении пожаров скрепером весьма удобно производить тушение их. Управление скрепером на расстоянии позволяет машинисту быстро разрывать скрепером очаг пожара и переправлять загоревшийся уголь в места, где его легче тушить. При других средствах оборудования складов машинист должен находиться вблизи от места пожара, что затрудняет его работу.

Характер работы скрепера в известной мере также препятствует самовозгоранию. Так, одной из причин самовозгорания угля считают высокое штабелевание его, когда уголь в середине штабеля начинает нагреваться

---

[1] Сборник «Обмен опытом». Материалы по механизации внутризаводского и межцехового транспорта, № 1—2, Москва, 1934.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

до высокой температуры. Если к этому месту воздух получит доступ, то уголь загорится. Последнему явлению способствуют зазоры, образующиеся в нижних слоях угля за счет крупных кусков. При употреблении оборудования в виде ленточных транспортеров, кранов с грейфером, эстакадных устройств и т. п. всегда происходит естественная сортировка угля по его крупности, как это изображено на рис. 46, в результате которой крупные куски попадают в основание штабеля, а мелкие располагаются соответственно в верхней его части. Зазоры между нижними крупными кусками и служат путепроводом для проникновения воздуха внутри штабеля. Так как штабелирование угля скрепером произво-

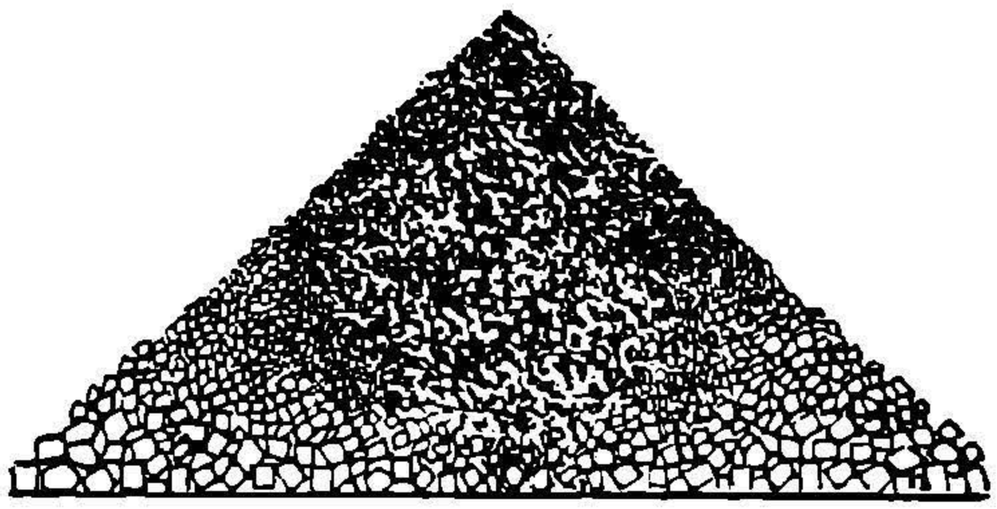


Рис. 46. Расположение материала (угля) при естественной сортировке его по крупности.



Рис. 47. Расположение материала (угля) при работе скрепером.

Таблица 33

Характеристика установки	Единица измерения	20	40	55	75	100	136	150	210
Емкость скрепера .	$м^3$	0,50	1,00	1,50	1,75	2,50	3,00	3,50	5,00
Вес	*т*	0,24	0,37	0,64	0,73	0,95	1,51	1,70	—
Произв. при скреперовании: 25 *м* . .	*т/час*	37	82	112	130	186	223	260	372
То же 50 „ .	„	20	44	61	70	100	121	140	202
То же 75 „ .	„	15	32	44	51	73	87	100	145
То же 100 „ .	„	12	25	35	40	52	69	80	115
То же 125 „	„	—	21	29	36	48	61	67	96
То же 150 „ . . .	„	—	18	25	29	42	50	58	83
Диаметр головного барабана	*мм*	350	450	500	500	600	750	750	1000
Диаметр хвостового барабана		350	450	500	500	600	750	750	1000
Наибольшее усилие тягового каната	*кг*	1 600	2 200	3 700	4 800	6 500	8 600	9 600	11 350
Диаметр головного каната	*мм*	14	19	20	21	25	30	31	36
Диаметр хвостового каната		14	14	14	16	19	21	25	25
Диаметр блоков . .		300	450	450	500	600	700	750	800
Мощность двигателя лебедки . .	*ЛС*	20	40	55	75	95	135	150	210
Число оборотов двигателя . . .	*об./мин*	750	750	750	750	750	750	750	750
Вес лебедки . .	*т*	—	—	—	6,1	9,5	—	11,0	—
Наибольшая длина каната на барабане	*м*	250	250	300	350	350	350	350	450

НБ УДУНТ (ДІІТ)

дится ровными слоями угля без отделения крупных кусков от мелких, как это видно из рис. 47, то штабель получается уплотненным, без отверстий, и доступ для воздуха внутрь штабеля более затруднен.

К недостаткам скреперного транспортера относятся: 1) затруднение в использовании скрепера в условиях зимнего времени, когда на складе образуется оледенелая кора; 2) невозможность применения скрепера в том случае, когда обслуживаемый им склад пересекается железнодорожными путями; 3) необходимость в перестановке скрепера на складе для обратной отгрузки материала со склада.

Кроме того перемещение материала посредством скрепера связано с его дроблением, поэтому при необходимости сохранения формы материала от применения скрепера следует воздержаться.

Обслуживание скрепера. Скреперная установка обслуживается одним рабочим — при малой производительности, двумя рабочими — при средней производительности и тремя рабочими — при большой производительности.

Обслуживание установки — очень простое: оно заключается в управлении лебедкой и рычагами, служащими для направления движения скрепера.

Применение. Скреперные транспортеры имеют большое распространение в области транспортирования сыпучих или кусковых материалов.

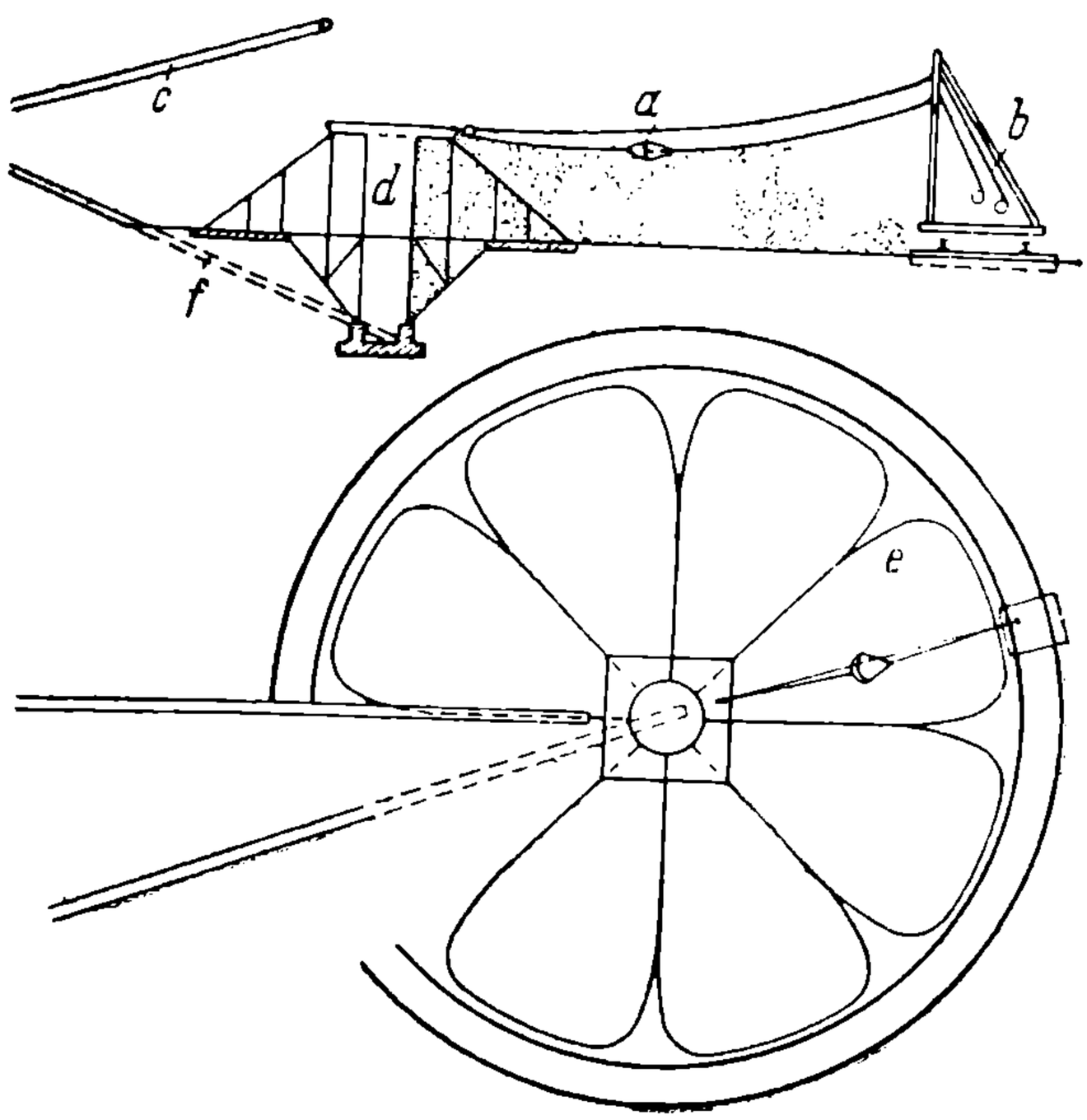


Рис. 48. Секторный склад, оборудованный скрепером.

На рис. 48 изображен секторный склад, оборудованный, скреперным транспортером. Оборудование склада состоит из скрепера *a*, передвижной тележки *b*, с установленными на ней лебедками. Материал на склад подается транспортером *c* в приемную воронку *d*, из которой и распределяется скрепером *a* по отдельным секторам *e*. Разгружается склад через ту же воронку *d*, в нижней части которой имеется транспортер *f*.

Кроме непосредственного обслуживания складских хозяйств, скреперный транспортер применяется: а) по добыче строительных материалов как из открытых карьеров, так и из водоемов, рек и т. п. (добыча гравия, песка, глины и т. д.); б) по доставке плиты и крупнокускового материала по ущельям до пунктов, соединенных удобным транспортом; в) по производству земляных работ: прокладка и засыпка траншей, планирование участков, производство выемок или насыпей при прокладке дорог и т. д.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Стоимость оборудования и эксплоатации. По данным Проммеханизации, ориентировочная стоимость оборудования и эксплоатации трех типов скреперных транспортеров представлена в табл. 34 по сметным данным в рублях.

При исчислении стоимости оборудования учтены: рельсовый путь, головные и вспомогательные стойки, хвостовая башня, скрепер, блоки и другие детали с двумя комплектами канатов на наибольшую длину скреперования, лебедка, электродвигатель, деревянное помещение для них, решетка, фундаменты и др. с рабсилой на монтаж; при этом не учтены стоимость подготовки и планирования участка.

Таблица 34

Тип установки	75	100	150
Стоимость оборудования	69 190	76 430	82 950
Зарплата	12 250	12 250	12 250
Начисление на зарплату	12 250	12 250	12 250
Амортизация 10% . .	6 920	7 640	8 295
Соцнакопления 6%	4 150	4 500	4 980
Ремонт текущий и средний	4 500	4 900	5 775
Смазка и обтирка	640	700	800
Электроэнерг. (5 коп. 1kWh)	13 900	19 310	27 650
Запасные части (включая и канаты) .	19 500	21 000	32 000
Полная годовая стоимость эксплоатации	64 110	82 550	104 000
Часовая производительность (в тоннах) при длине скреперования в 100 *м*	40	52	80

Стоимость перемещения 1 *т* материала, т. е., подачи его на склад или выдачи со склада, может быть определена по следующей формуле:

$$C = \frac{Э}{Q \quad T \cdot t},$$

где

C — стоимость перемещения 1 *т* материала;
Э — годовая стоимость эксплоатации в руб.;
Q — производительность установки в *т/час*;
T — количество суток в году;
t — количество часов работы.

При определении стоимости подачи и выдачи материала в приведенную формулу следует ввести коэфициент 2.

10. Подъемники

Для вертикального перемещения грузов—штучных или насыпных в вагонетках — употребляются стационарные подъемники или лифты. Они

НБ УДУНТ (ДІІТ)

устраиваются внутри заводских помещений или снаружи их и бывают различной грузоподъемности. На рис. 49 изображен подъемник, состоящий из двух клетей, привода, канатов и блоков. Скорость движения грузов обычно колеблется в пределах 0,3—0,7 *м/сек*. Кроме описанного подъемника для перемещения грузов в навал употребляются скиповые (ковшевые) подъемники, которые могут устанавливаться как вертикально

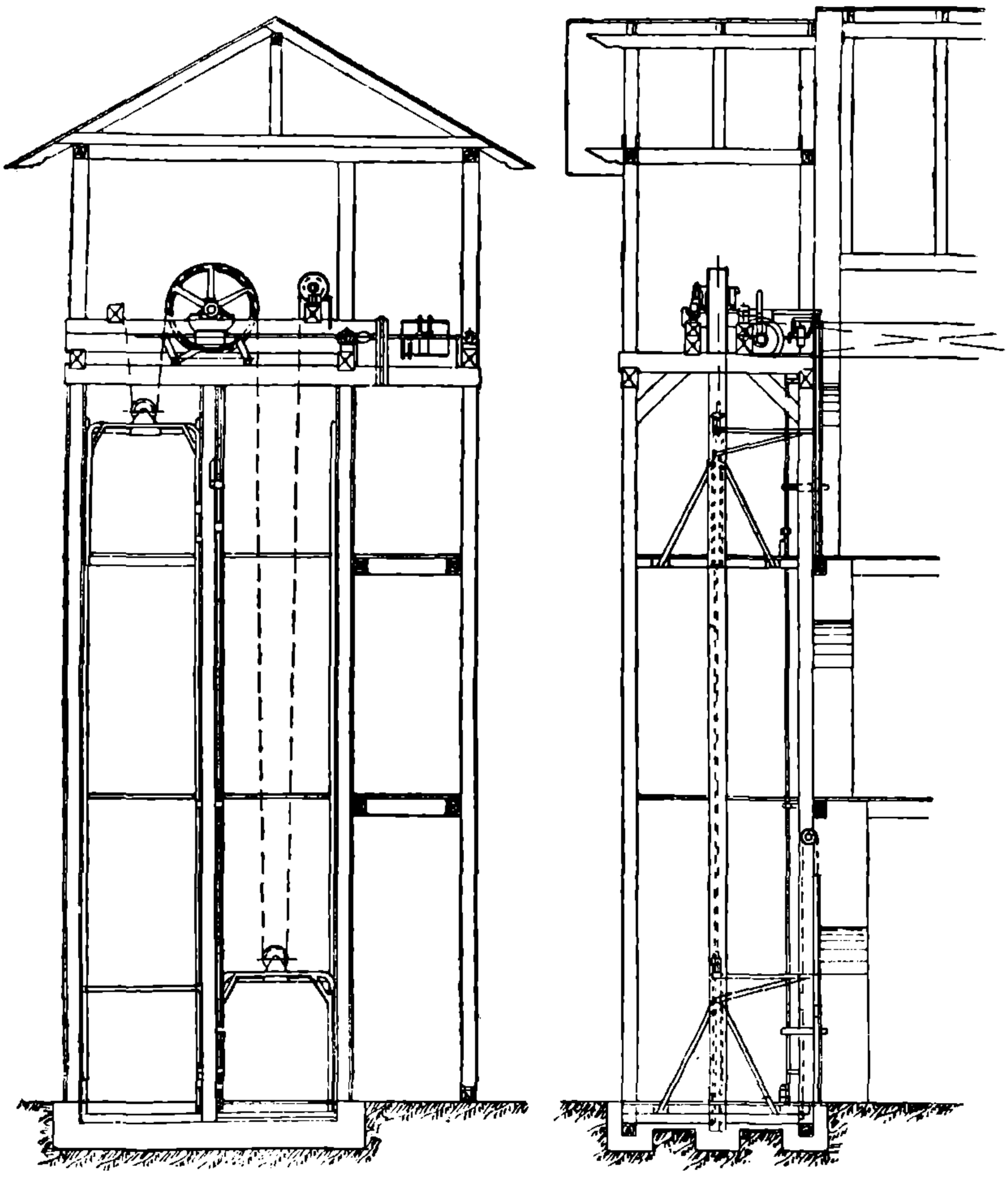


Рис. 49. Вертикальный подъемник.

так и под большим углом к горизонту (60—70°). Рис. 50 изображает ковшевой подъемник, состоящий из направляющих стоек, в которых движется ковш, загружаемый материалом; к днищу ковша шарнирно прикреплены тяги, соединенные перекладиной с грузовым канатом. Наматываясь на барабан лебедки, канат поднимает ковш до места разгрузки, в котором укреплены направляющие, служащие для наклона и разгрузки ковша. Подъемники бывают одноковшевые и двухковшевые, причем в последнем

УДУНТ (ДІІТ) НБ

случае разгрузка одного ковша совпадает по времени с загрузкой другого. Грузоподъемность ковшевых подъемников колеблется от 0,5 до 3,0 *м* при скорости подъема от 0,75 до 3 *м/сек*.

В тех случаях, когда требуется произвести перемещение материалов

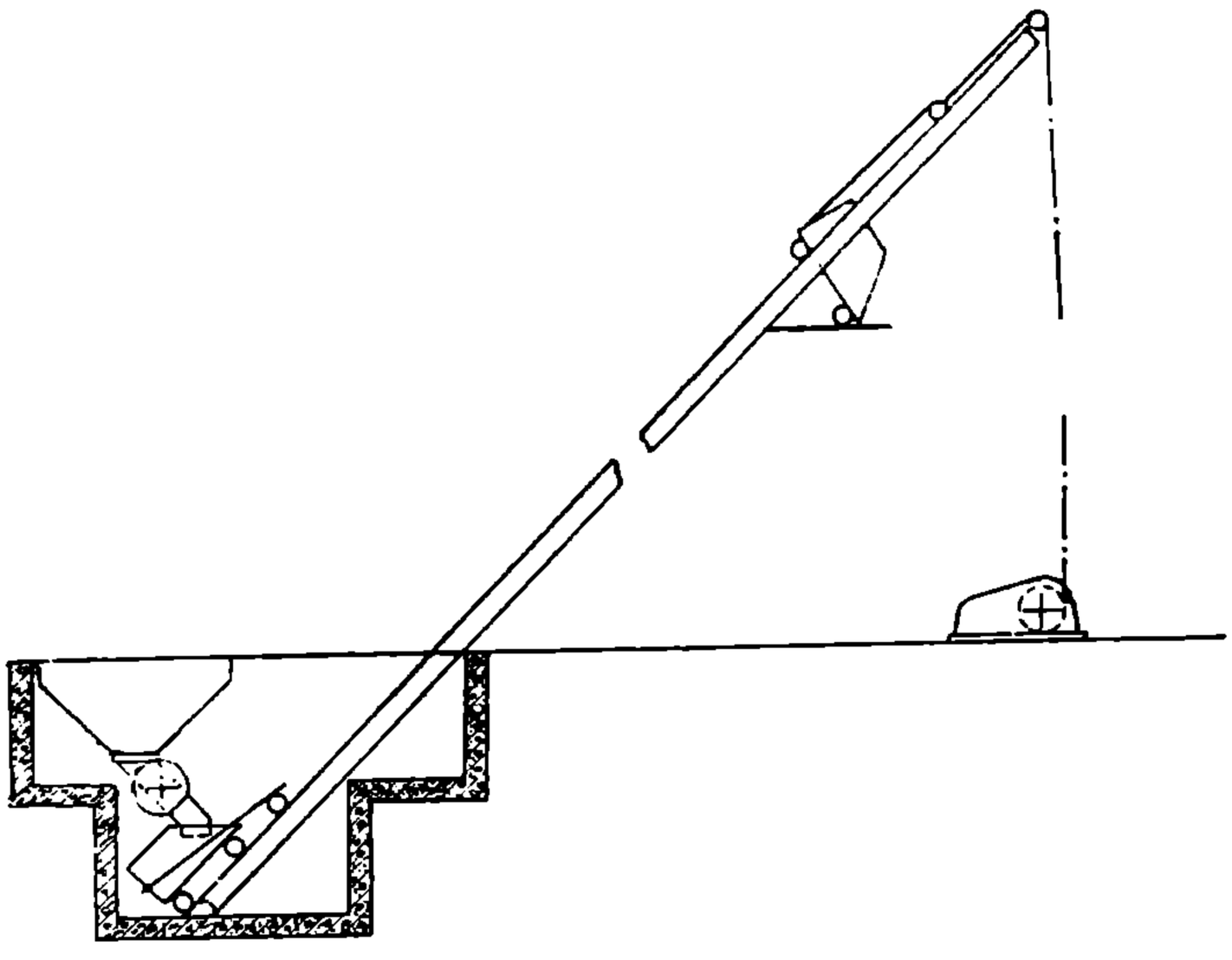


Рис. 50. Наклонный скиповый подъемник.

из глубоких карьеров, причем эта работа производится по откосу карьера, применяют подъемные устройства с наклонной плоскостью. Подобные устройства [1] обычно состоят из лебедки с двигателем, служащей для движения каната или троса, к которому прицепляется вагонетка или наклонная платформа, и наклонного рельсового пути, по которому ва-

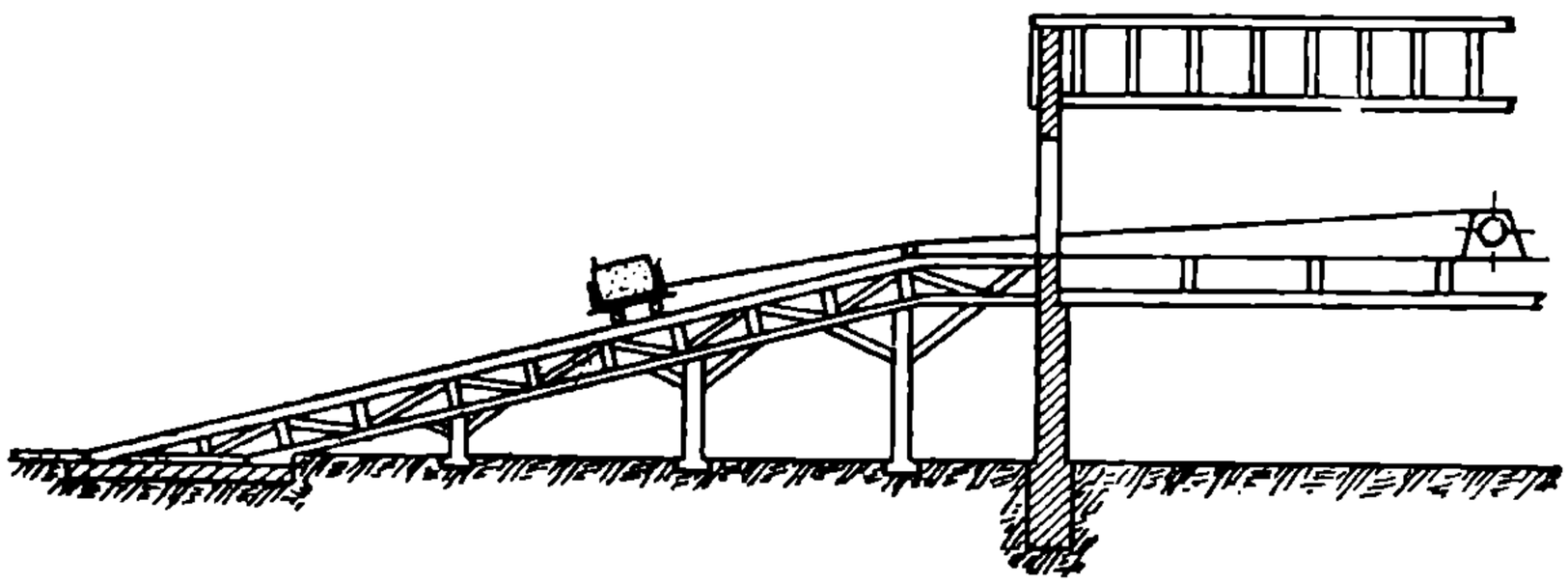


Рис. 51. Наклонный подъемник.

гонетка или платформа передвигаются. Рис. 51 изображает устройство наклонного подъемника. При сравнительно небольших высотах подъема груза подъемные устройства оборудуются одной вагонеткой, двигающейся

[1] Подобные устройства часто неправильно именуются «бремсбергами», под которыми должно понимать устройства, работающие в форме спуска грузов вниз посредством тормозящего действия механизма.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

вперед и назад по одному пути; в случаях же большой высоты подъема делаются два пути, и движение каната устраивается круговым, причем по одному пути поднимаются груженые вагонетки, а по другому спускаются порожние, являясь одновременно уравновешивающим грузом собственного веса поднимаемых вагонеток, чем облегчается работа двигателя лебедки.

Во время работы установки двигающийся канат располагается между рельсами каждого пути, и груженые вагонетки прицепляются к канату по мере окончания погрузки. Тяговый канат либо накладывается на крюк вагонетки, либо прикрепляется к раме последней наглухо. В целях предупреждения истирания каната при трении его о землю и шпалы он поддерживается роликами, установленными между рельсами каждого пути.

Грузоподъемность подъемных устройств зависит от емкости вагонеток; скорость их движения составляет при тупиковом способе до 4 *м/сек*, а при круговом движении от 0,50 до 0,75 *м/сек*.

11. Краны

Для перемещения грузов по вертикальному и горизонтальному направлениям служат краны, которые по роду передвижения рабочей части можно разделить на поворотные и поступательные, причем первые подразделяются еще на стационарные и передвижные.

Поворотные краны отличаются большим разнообразием своих конструкций, причем наибольшим распространением пользуется подъемный кран с блоками и известный под названием «Деррик», который мы и рассмотрим.

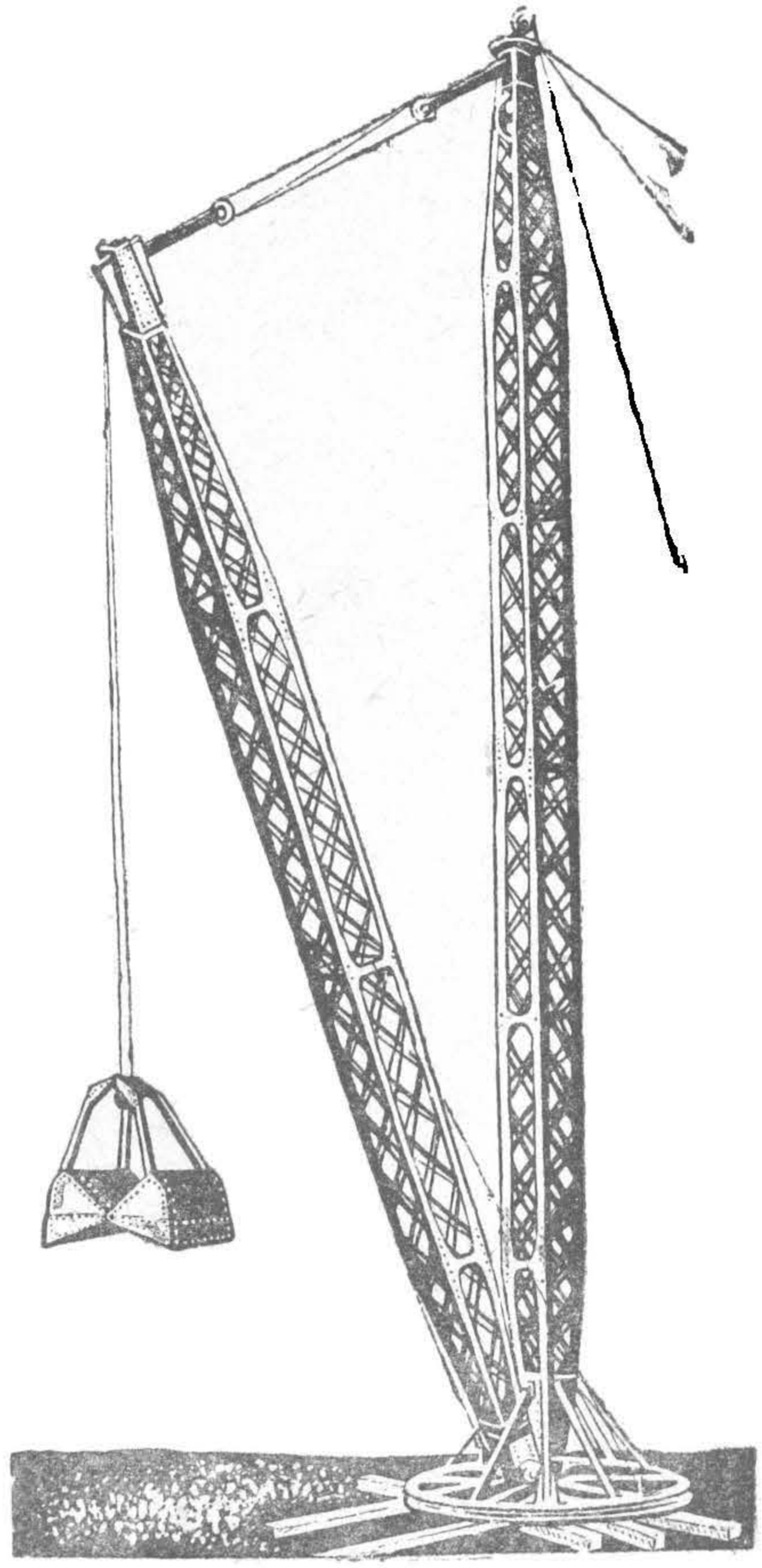


Рис. 52. Полноповоротный кран «Деррик».

Рис. 52 изображает стационарный полноповоротный кран «Деррик», который состоит из неподвижной колонны и укосины, один конец которой шарнирно соединен с колонной, а на другом конце устроен блок, при помощи которого укосина может изменять свой вылет.

В последних конструкциях крана укосина может поворачиваться вокруг оси на 360°, а вылет может меняться от 6 до 17 *м*.

Размеры кранов колеблются в следующих пределах:

Длина стрелы	**. от 12 до 35 *м***
„ мачты	**„ 17 „ 40**
Диаметр поворотного колеса	**3 7**

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Характеристику кранов «Деррик» см. табл. 35.

Таблица 35

Грузоподъемность . . .	*т*	5	7,5	10	15	20	25	30
Число подъемных канатов .	шт	3	3	4	5	6	7	7
Диаметр подъемных канатов	*мм*	16	16	16	19	19	19	22
Число стреловых канатов .	шт	4	4	5	6	7	8	9
Диаметр стреловых канатов .	*мм*	16	16	16	19	19	19	22
Число оттяжных канатов	шт	6	6	6	6	8	8	8
Диаметр оттяжных канатов	*мм*	25,0	28,5	32,0	41,0	41,0	44,5	47,5
Диаметр блоков .	»	35	35	40	45	50	50	50

К передвижным кранам относятся так называемые полупортальные и портальные краны, применяемые преимущественно для перевалочных работ на стыках железных дорог и водных путей, а потому на подробном описании этих механизмов мы останавливаться не будем.

Что касается кранов, движущихся поступательно, которые иначе называются мостовыми кранами, то за последнее время для перемещения грузов внутри помещения они нашли большое распространение.

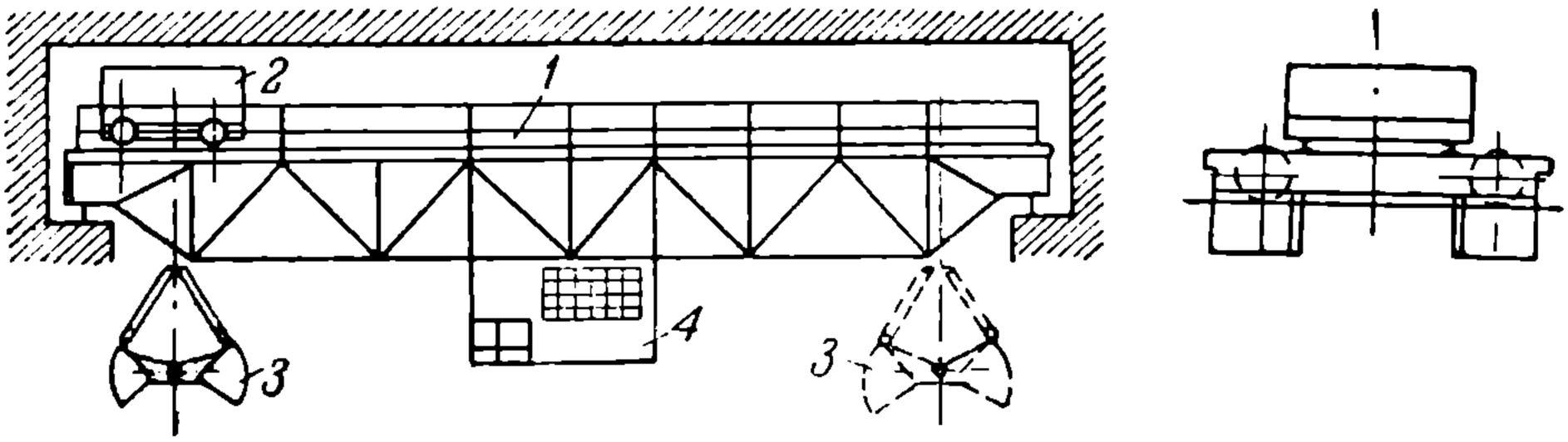


Рис. 53. Схема устройства крана с грейфером.

Схема устройства и работы мостового крана состоит в следующем. Вдоль стен здания, в верхней его части, укрепляются рельсы, на которые опираются колеса (бегуны), поддерживающие мостовую ферму, перекинутую через склад. Вдоль фермы, в поперечном направлении к складу, передвигается тележка, оборудованная барабаном грузовой лебедки, на который навивается грузовой канат. К грузовому канату прикрепляется рабочий орган обычно в виде самосхватного приспособления (грейфера). Перемещение моста, тележки и подъем и опускание груза осуществляется посредством электродвигателей.

На рис. 53 показана схема устройства крана, состоящего из моста *1*, металлической конструкции, передвигающегося по рельсам. По мосту в свою очередь может передвигаться тележка *2* с подвешенным к ней грейфером *3*. Управление движением моста, тележки и грейфера производится машинистом из кабинки *4*.

Встречающиеся в практике грузовых операций рабочие органы или захватные приспособления можно разделить на: рабочие органы для тарных и штучных грузов и на рабочие органы для навалочных и насыпных грузов. Наиболее известными и часто встречающимися приспособлениями для захвата тарных и штучных грузов служат цепи и канаты. Но приме-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

нение последних связано с применением ручной работы, необходимой для прикрепления цепей или канатов как к крюку, так и к грузу. Поэтому в целях увеличения грузооборота транспортных средств и уменьшения безопасности работ применяют автоматические грузозахватные приспособления.

В случае необходимости перемещения навалочных и насыпных грузов подъемные механизмы снабжаются различного рода сосудами, как, например, бадьями, ковшами и т. п., загружаемыми и разгружаемыми вручную. При замене, например, обычного ковша ковшом с раскрывающимися створками (так называемым кюбелем) мы получим полуавтоматическое приспособление, в котором выгрузка механизирована, а загрузка производится вручную. Наконец, ковш с механизированной загрузкой и выгрузкой, иначе называемый грейфером, представляет собой вполне автоматическое приспособление.

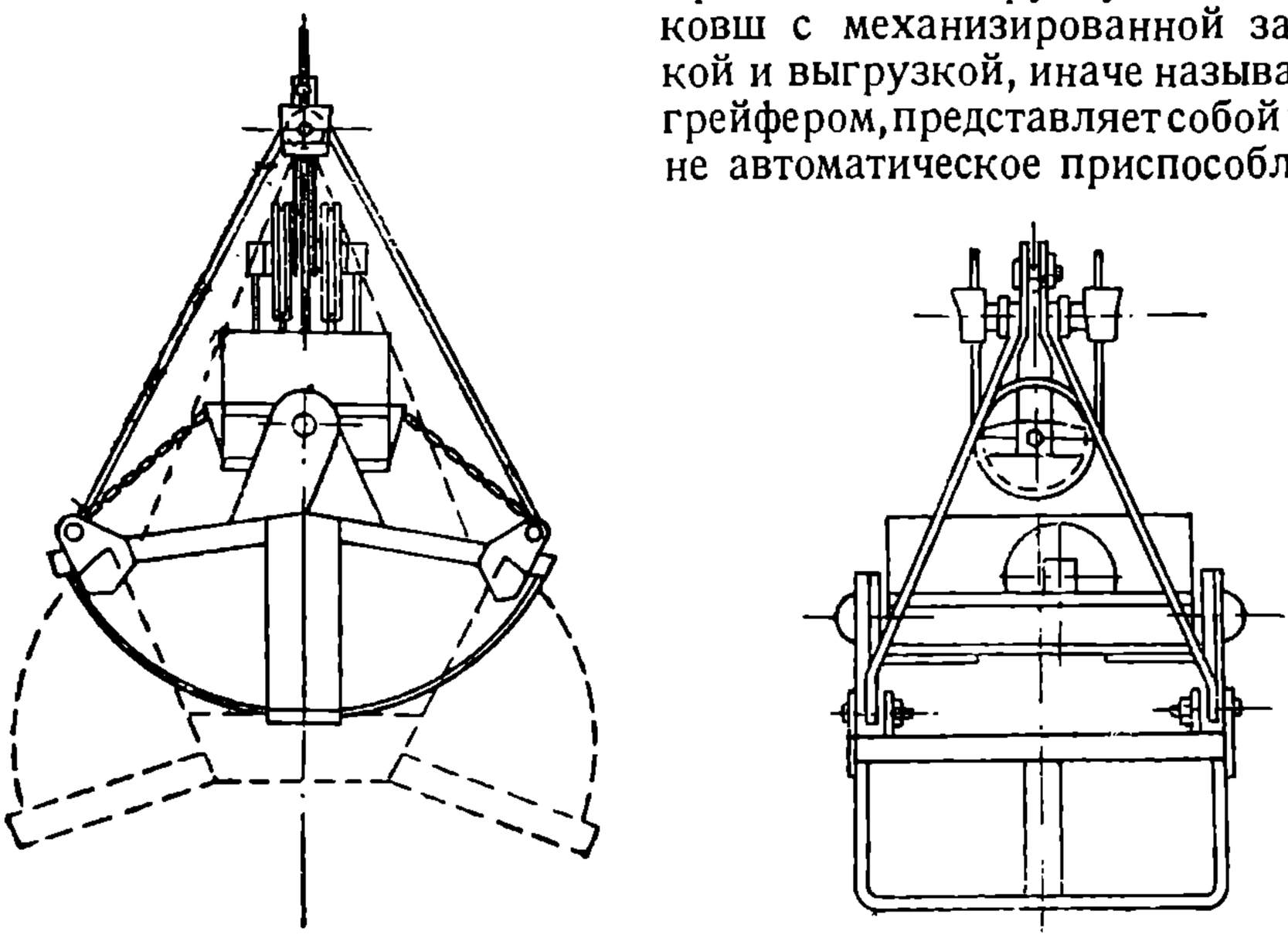


Рис. 54. Двухканатный грейфер.

Существующие системы грейферов могут быть разделены на следующие типы:

одноканатные, в которых все операции, т. е. замыкание, подъем и открытие, производятся одним канатом, наматываемым на барабан лебедки;

двухканатные, при которых операции работы грейфера разбиты на две: один канат служит для подъема и спуска грейфера, а другой — для смыкания и размыкания лопастей; канаты наматываются на два отдельных барабана, из которых каждый вращается самостоятельно.

Рис. 54 изображает двухканатный грейфер, состоящий из двух лопастей, двух рычагов для них и головки. Все движущиеся рабочие части грейфера защищены от возможных ударов кожухом.

Основные требования, которые предъявляются к грейферу, — легкость проникания в захватываемые им материалы и спокойное, без толчков и ударов, опускание его на материал, — в этом грейфере удовлетворены полностью.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Смыкание и размыкание грейфера производится канатом — посредством замыкающего механизма. Замыкающий механизм грейфера устроен в виде полиспаста, неподвижные блоки которого прикреплены к головке грейфера, подвижные блоки — к траверсе. Последняя имеет направляющие, в которые входит полоса, прикрепленная к внутренней части кожуха.

Подобное устройство позволяет траверсе передвигаться вверх и вниз. Рычаги шарнирно соединены с траверсою, которая закрывает и открывает лопасти; открытие последних происходит по мере того, как траверса перемещается соответственно вниз и вверх. Подъем и опускание грейфера осуществляется другим канатом.

Определение производительности. Производительность мостового крана с грейфером для массовых грузов находится в зависимости от емкости грейфера, числа оборотов крана, рода транспортируемого материала и коэфициента использования транспортера.

Производительность его в час может быть подсчитана по следующей формуле:

$$Q = 60 \cdot i \quad \psi \cdot \gamma \quad n \cdot \eta.$$

Пример. Определить часовую производительность мостового крана с грейфером, перемещающего клинкер, если емкость ковша—1 $м^3$, коэфициент наполнения—0,9, объемный вес материала — 1,5 $т/м^3$, число оборотов крана в минуту — 0,66 и коэфициент использования крана—0,7. Тогда

$$Q = 60 \quad 1 \cdot 0{,}9 \quad 1{,}5 \cdot 0{,}66 \cdot 0{,}7 = 37{,}4 \ т/час.$$

Таблица 36

Грузоподъемная сила крана, включая вес грейфера *т*	Емкость грейфера $м^3$	Число оборотов крана в час	Рабоч. скорость *м/мин*			Пролет в *м*	Высота подъема грейфера в *м*	Производительность в *т/час*	Вес крана с грейфером *т*	Вес грейфера *т*
			подъема грейфера	движения тележки	движения крана					
2,5	0,7	30—40	30—60	45—60	75—150	20	20	27— 36	19,0	—
3,0	1,0	30—40	30—60	45—60	75—150	20	20	36— 48	22,1	1,4
4,0	1,5	30—40	30—60	45—60	75—150	20	20	54— 72	26,2	1,9
5,0	2,0	30—40	30—60	45—60	75—150	20	20	72— 96	28,5	2,4
6,0	2,5	30—40	30—60	45—60	75—120	20	20	90—120	31,2	2,8
7,5	3,0	30—40	30—60	45—60	75—120	20	20	108—144	36,0	3,6
10,0	4,0	30—40	30—60	45—60	75—120	20	20	144—192	42,0	4,4
12,5	5,0	30—40	30—45	45—60	75—100	20	20	180—240	—	—
15,0	6,0	30—40	30—45	45—60	75—100	20	20	216—280	—	6,8

Примечание. Потребная мощность электродвигателей для передвижения:

моста . . от 12 до 50 *ЛС*
тележки . . . . . „ 2 „ 12 „
подъемного механизма . 7 . 45 „

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Краны с грейфером главным образом применяются для перемещения сыпучих и кусковых дробленых грузов большими количествами, где применение их оправдывается целесообразностью и выгодно по сравнению с другими видами транспорта.

В цементной промышленности они применяются для обслуживания складов сырья и полуфабриката (клинкера) и др.

Преимуществом крана с грейфером является возможность загрузки и выгрузки материала в любых точках склада. К недостаткам его следует отнести: необходимость больших первоначальных затрат, значительный расход электроэнергии. Кроме того, перемещение материала посредством крана с грейфером для массовых грузов связано с дроблением материала, поэтому при необходимости сохранения формы материала от применения этого вида транспорта следует воздержаться.

12. Элеваторы

Элеватор представляет собою транспортер, состоящий из бесконечного тягового органа, огибающего два концевых барабана, расположенных — один в верхнем конце элеватора, а другой — в нижнем. К тяговому органу присоединяются рабочие органы в виде ковшей, полок (люлек) и т. п., помощью которых материал перемещается из нижней точки в верхнюю, по вертикальному направлению или по наклонному (при угле подъема, большем 60°).

По конструкции тягового органа элеваторы разделяются на цепные, ленточные и канатные.

Элеватор (рис. 55) состоит из следующих частей: тягового органа (цепи, ленты) *1*; рабочего органа (ковши, полки и др.) *2*; станины или рамы *3*; верхней части элеватора (головки) с приводом *4*; нижней части элеватора (башмака) с натяжным устройством *5*.

Конструкции основных деталей элеваторов. Тяговые органы, применяющиеся для элеваторов, могут быть ленточными, цепными и канатными.

Ленты обычно применяются резиновые и из балаты; характеристика их дана при описании ленточных транспортеров.

Цепи применяются корабельные и шарнирные. По способу изготовления цепи различаются со сварными, коваными и литыми звеньями. Изготовляются они из стали и из ковкого чугуна. Корабельные сварные цепи, отличаясь дешевизной по сравнению с шарнирными, находят большое применение в цементной промышленности.

К недостаткам этих цепей относятся: способность быстрого вытягивания во время работы и затруднительность прикрепления к ним рабочих органов.

Шарнирные цепи хотя в конструктивном отношении и отличаются простотой, но обладают существенным недостатком — слишком быстрым износом и разработкой в шарнирах; последнее, если и не оказывает влияния на крепость цепи, вызывает неспокойный ход при набегании цепи на зубчатые колеса вследствие изменения шага цепей, а это заставляет преждевременно сменять цепи.

Канаты (тросы) применяются стальные, изготовленные из лучших сортов мартеновской и тигельной стали, с временным сопротивлением разрыву от 80 до 180 *кг/мм²* для неоцинкованной проволоки и от 80 до 160 *кг/мм²* для оцинкованной проволоки. Канаты из неоцинкованной

НВ УДУНТ (ДІІТ)

проволоки предназначены для работы в закрытых помещениях, в других случаях следует применять канаты из оцинкованной проволоки.

Р а б о ч и е о р г а н ы. В зависимости от назначения элеваторов различаются и рабочие органы.

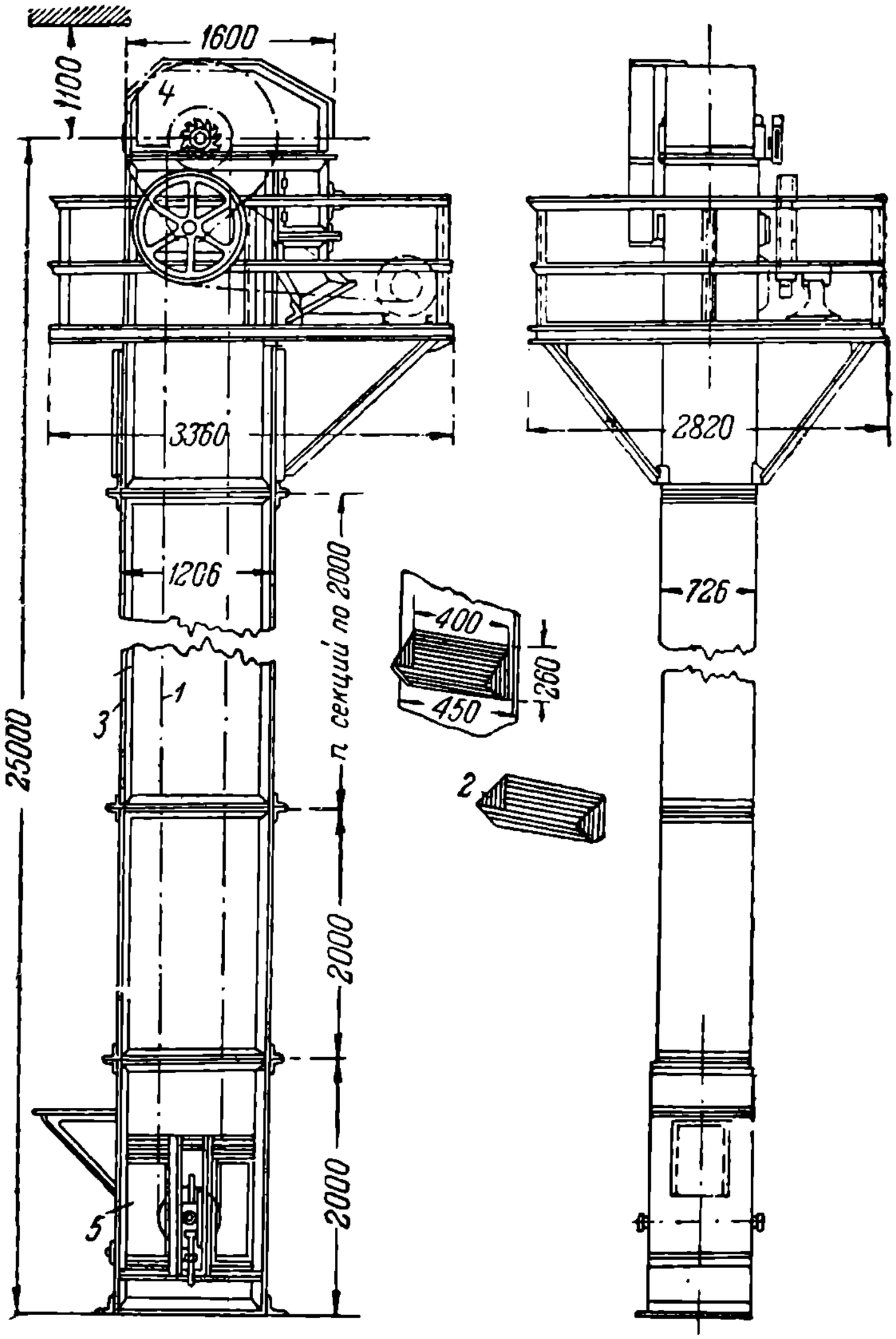


Рис. 55. Элеватор.

Для перемещения сыпучих и жидких материалов применяются разного рода ковши, а для перемещения штучных грузов употребляются полки, люльки и т. п.

Форма, размеры и конструкции ковшей находятся в зависимости от материала, перемещаемого элеватором, от величины кусков и условий загрузки и разгрузки их.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Ковши изготовляются из металла; они бывают штампованные, клепаные, сварные и литые. Толщина стенок ковшей находится в зависимости от свойства перемещаемого материала, так, например, для руды толщина стенок принимается от 4 до 6 *мм*, для угля, гравия, щебня от 2 до 4 *мм*, для зернистых и пылевидных материалов — от 1 до 2 *мм*.

Способы прикрепления ковшей к тяговому органу весьма различны. На рис. 56 показаны некоторые способы крепления ковшей на цепях (*а*, *б*), канатах (*в*) и лентах (*г*).

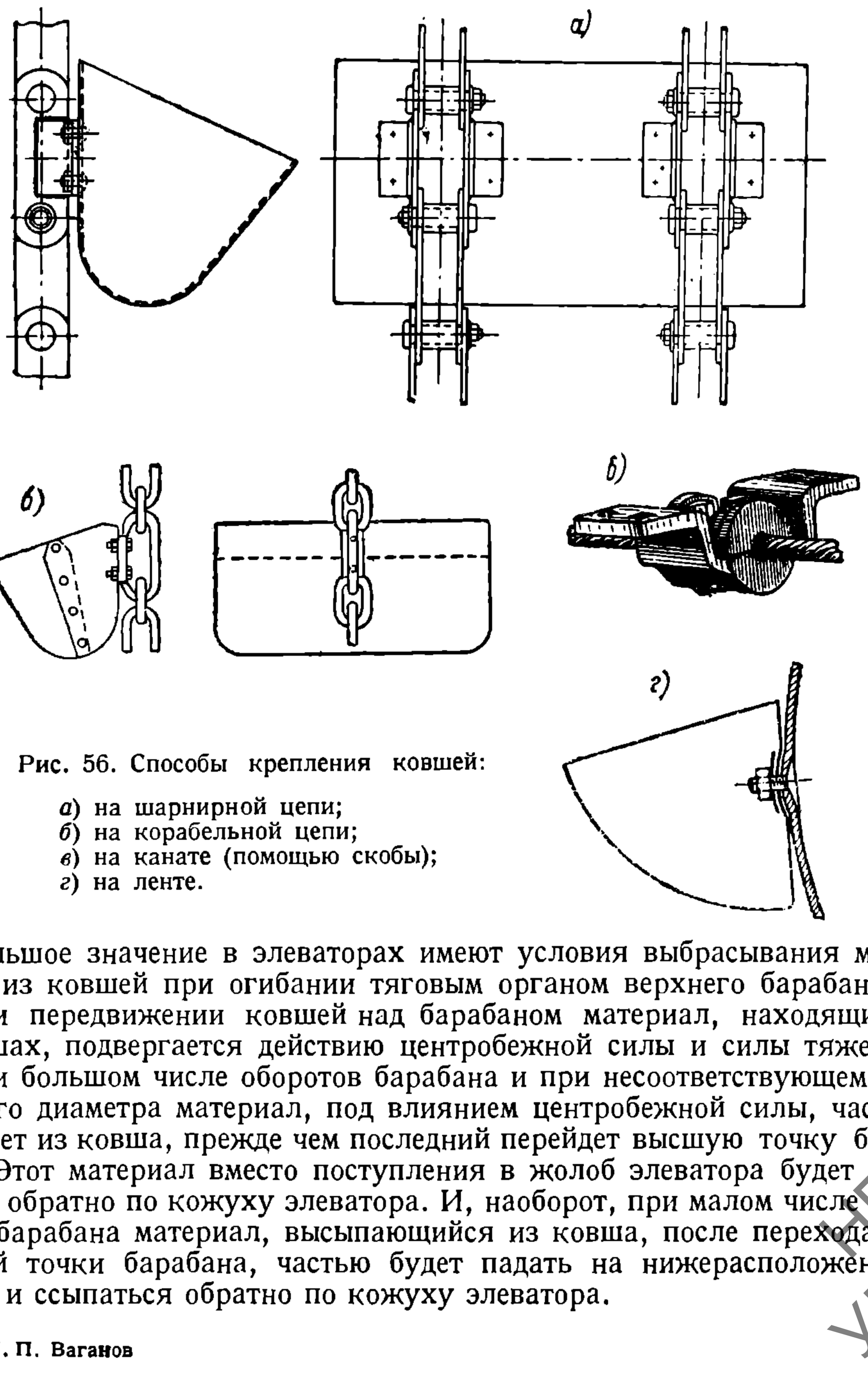


Рис. 56. Способы крепления ковшей:

а) на шарнирной цепи;
б) на корабельной цепи;
в) на канате (помощью скобы);
г) на ленте.

Большое значение в элеваторах имеют условия выбрасывания материала из ковшей при огибании тяговым органом верхнего барабана.

При передвижении ковшей над барабаном материал, находящийся в ковшах, подвергается действию центробежной силы и силы тяжести.

При большом числе оборотов барабана и при несоответствующем выборе его диаметра материал, под влиянием центробежной силы, частью вылетает из ковша, прежде чем последний перейдет высшую точку барабана. Этот материал вместо поступления в жолоб элеватора будет ссыпаться обратно по кожуху элеватора. И, наоборот, при малом числе оборотов барабана материал, высыпающийся из ковша, после перехода им высшей точки барабана, частью будет падать на нижерасположенные ковши и ссыпаться обратно по кожуху элеватора.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Для лучшего опоражнивания ковшей имеет значение и расстояние между ковшами, которое обычно принимается равным тройной высоте задней стенки ковша.

Число ковшей или полок, в зависимости от высоты элеватора и диаметра барабана, определяется по следующей формуле:

$$m = \frac{2L + \pi \cdot D}{a},$$

где

D — диаметр барабана в метрах.

С т а н и н а, или промежуточная часть элеватора, изготовляется либо деревянной, либо металлической. Обычно станина состоит из отдельных звеньев, длиной от 2 до 3 *м*, которые устанавливаются по длине элеватора на фланцах, изготовленных из углового железа.

В е р х н я я ч а с т ь э л е в а т о р а (головка) состоит из привода, ведущего шкива или цепной звездочки и устройства для отвода перемещаемого материала. Головка элеватора изготовляется как из дерева, так и из металла.

Н и ж н я я ч а с т ь э л е в а т о р а (башмак) состоит из направляющих, шкива или цепной звездочки, из натяжного устройства и приспособления для приемки перемещаемого материала. Башмак элеватора изготовляется либо деревянным, либо металлическим. Помещаемое на башмаке натяжное устройство имеет ход от 125 до 250 *мм*.

Таблица 37

Скорость *м/сек*	Уголь кузнечный	Уголь кусковой	Кокс
0,50	1,0—1,7	2,4—3,0	1,2— 8,4
0,75	0,8—1,8	2,2—2,7	1,8— 8,4
1,00	1,2—2,4	2,7—3,3	2,8— 9,0
1,25	1,6—3,1	3,3—4,4	4,2—10,1
1,50	2,2—4,4	4,5—6,0	5,4—11,4

Примечание. Для широких ковшей принимаются наибольшие значения, а для узких — наименьшее.

В башмаке производится черпание материала либо непосредственно со дна башмака, либо посредством насыпания материала из загрузочного лотка.

Сопротивление черпанию определяется по формуле:

$$w = f \cdot \frac{Q}{3{,}6v}.$$

Значение коэфициента f см. в табл. 37.

Передвижные элеваторы. Кроме описанных стационарных элеваторов большое распространение в промышленности строительных материалов находят передвижные элеваторы, называемые ковшевыми перегружателями.

На рис. 57 изображен тип ковшевого перегружателя, состоящего из платформы, на которой установлен элеватор с приводом от электродвигателя.

Для обслуживания большей площади ковшевые перегружатели снабжаются винтовым транспортером, насаженным на нижнем валу и передвигающим материал к ковшам.

Платформы могут быть оборудованы как колесным, так и гусеничным ходом.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Разгрузка материала может производиться элеватором либо непосредственно в вагонетки, на автомобили и т. п., либо на другой передвижной ленточный транспортер.

Характеристика перегружателей приводится в табл. 38.

Таблица 38

Наименование величин		Уголь				Кокс	
		1	2	3	4	1	2
Производительность .	*т/час*	10	20	30	60	15	30
Потребная мощность	*ЛС*	2,0	2,5	3,0	4,0	2,0	3,0
Вес .	*т*	1,0	1,3	1,9	2,1	1,9	2,0
Длина .	*м*	3,2	3,4	4,8	5,0	4,8	4,9
Ширина		1,6	1,6	1,8	1,9	1,8	1,8
Высота .		3,5	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2

Определение производительности. Производительность элеватора для сыпучего материала определяется по формуле:

$$Q = 3600 \cdot \frac{i \cdot v}{a} \cdot \psi \cdot \gamma \ [m/час].$$

Значение коэфициента наполнения ψ:

для продуктов молотых . . .		от 0,80 до 0,95
„ „ мелкого размера .		0,80 „ 0,90
„ „ среднего „		0,60 „ 0,70
„ „ крупного „		0,40 „ 0,50

Скорость движения тягового органа (для различных материалов):

	м/сек
Влажные материалы: шлак, ил и др.	0,7—0,9
Твердые кусковые материалы: известняк, клинкер, шамот, уголь и др.	0,8—1,0
Молотые материалы с большим удельным весом: цемент, известняк, уголь и др.	1,0—1,2
Молотые материалы с малым удельным весом: зерно и др.	1,4—2,5

Производительность элеватора в *т/час* для штучных грузов определяется по формуле:

$$Q = \frac{3600 \cdot G \cdot v}{a}$$

Для определения потребной мощности двигателя для элеватора могут служить следующие приближенные эмпирические формулы, выведенные Научно-исследовательским институтом промышленного транспорта.

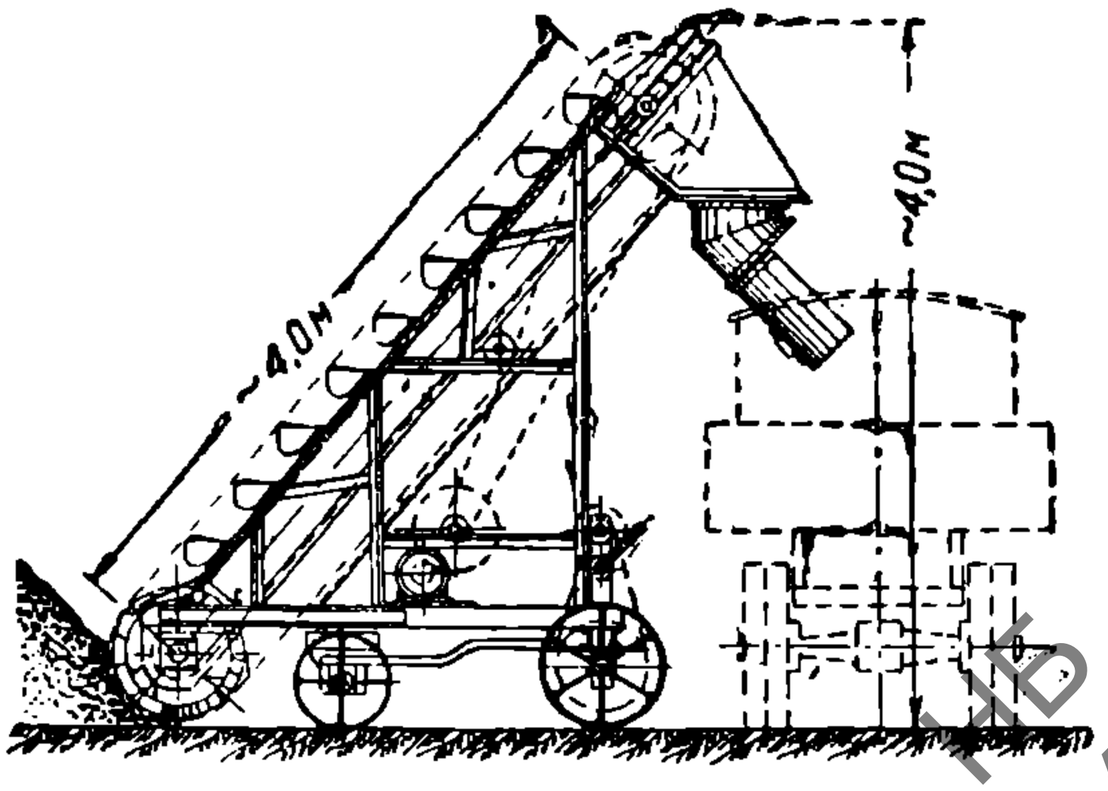


Рис. 57. Передвижной элеватор.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Для ленточных элеваторов, перемещающих уголь, золу и другие однородные материалы,

$$N = \frac{Q\ H}{270}\left(1{,}135 + 1{,}55\,\frac{q}{Q}\cdot v + 0{,}22\,\frac{v^2}{H}\right)\ [ЛС].$$

То же для цепных элеваторов:

$$N = \frac{Q\ H}{270}\left(1{,}1 + 1{,}05\cdot\frac{q}{Q}\cdot v + 0{,}22\,\frac{v^2}{H}\right)\ [ЛС]$$

(q — вес материала на 1 *пог. м.* в килограммах).

В этих формулах q определяется из уравнения:

$$q = \frac{Q}{3{,}6\cdot v}\ [кг/пог.\ м].$$

Пример. Для перемещения кусков угля размером до 90 *мм* (количество больших кусков не превышает 10% от общей массы) на высоту до 15 *м* служит элеватор, производительностью 32 *т/час*, при скорости движения цепи 0,9 *м/сек*, емкости ковша 0,006 $м^3$, коэфициенте заполнения ковша 0,8 и при насыпном весе для угля 0,8 $т/м^3$. Определить расстояние между ковшами элеватора и потребную мощность для электродвигателя.

Расстояние между ковшами определяется по формуле:

$$a = \frac{3600\cdot i\cdot v\cdot\gamma\cdot\psi}{Q} = \frac{3600\cdot 0{,}006\cdot 0{,}9\cdot 0{,}8\cdot 0{,}8}{32} = 0{,}4\ м.$$

Вес материала на 1 *пог. м.* элеватора определяем по формуле:

$$q_1 = \frac{Q}{3{,}6v} = \frac{32}{3{,}6\cdot 0{,}9} = 9{,}8\ кг/пог.\ м.$$

Потребную мощность для электродвигателя определяем по эмпирической формуле:

$$N = \frac{QH}{270}\cdot\left(1{,}1 + 1{,}05\ \frac{q}{Q}v + 0{,}22\,\frac{v^2}{H}\right) =$$

$$= \frac{32\cdot 15}{270}\left(1{,}1 + 1{,}05\cdot\frac{9{,}8}{15}\cdot 0{,}9 + 0{,}22\,\frac{(0{,}9)^2}{15}\right) = 3{,}06\ ЛС.$$

Применение. В тех случаях, где необходимо вертикальное или наклонное перемещение материала под углом, большим чем 60°, применяют элеваторы.

Ленточные ковшевые элеваторы применяются преимущественно для перемещения сыпучих пылевидных материалов, при высоте подъема до 20 *м* и при скорости движения ленты от 0,8 до 3,5 *м/сек*.

Цепные элеваторы применяются для передачи сыпучих и кусковых материалов при высоте подъема до 40 *м* и при скорости движения цепи от 0,5 до 1,5 *м/сек*.

Наклонные элеваторы употребляются главным образом цепные, при скорости движения цепи от 0,4 до 1,0 *м/сек*.

Канатные элеваторы в наших условиях почти не применяются. Высота подъема канатных элеваторов колеблется в пределах 15—20 *м* при скорости движения каната от 0,8 до 2,0 *м/сек*.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Таблица 39

				НК и НКБ 202	НК и НКБ 203	НК и НКБ 302	НК и НКБ 303	НК и НКБ 402	НК и НКБ 403	НК и НКБ 454	НК и НКБ 604
1	Производительность		*м³/час*	14	11	30	18	47	36	60	90
2	Скорость движения цепи		*м/сек*	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,12	1,25
3	Материал	Размер куска	*мм*	75	75	100	100	115	115	—	—
4	Расстояние между центрами барабанов	До	*м*	25	25	25	25	25	25	10	10
5	Ковши	Ширина	*мм*	200	200	300	300	400	400	450	600
		Вылет	*мм*	120	120	175	175	192	192	230	255
		Высота стенок задней	*мм*	135	135	180	185	216	216	275	300
		Высота стенок передней	*мм*	72	72	100	100	116	116	—	160
		Радиус закругл. дна	*мм*	40	40	60	60	60	60	—	—
		Емкость	*л*	1,7	1,7	5,5	5,5	10	10	8	12
		Расстояние между ковшами—шаг	*мм*	288	288	410	410	500	500	460,8	529,6
		Расстояние между цепями	*мм*	150	150	200	200	300	300	250	—
		Вес	*кг*	2,35	2,35	5,0	5,0	8,20	8,20	—	—
6	Цепь	Шаг звена	*мм*	70	70	82,4	82,4	100	100	—	—
		Диаметр стали звена	дм.	1/2″	1/2″	1/2″	1/8″	3/4″	3/4″	7/8″	1″
		Вес *пог. м*	*кг*	3,8	3,8	5,35	5,35	8,1	8,1	11	17
		Рабочая нагрузка	*кг*	1 500	1 500	—	—	3 500	3 500	4 500	6 750
7	Потребная мощность двигателя		*ЛС*	6	6	9	7	10	—	4	6

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Цепные полочные или люлечные элеваторы применяются для перемещения различных штучных грузов, как, например, кирпич, сырец, бочки, ящики и т. п. На рис. 58 изображен цепной элеватор с полками.

Полочные элеваторы с одной цепью называются «патерностерами» и применяются для обслуживания многоэтажного помещения. Высота подъема полочных элеваторов колеблется в широких пределах, скорость движения цепи бывает в пределах от 0,2 до 0,5 *м/сек*.

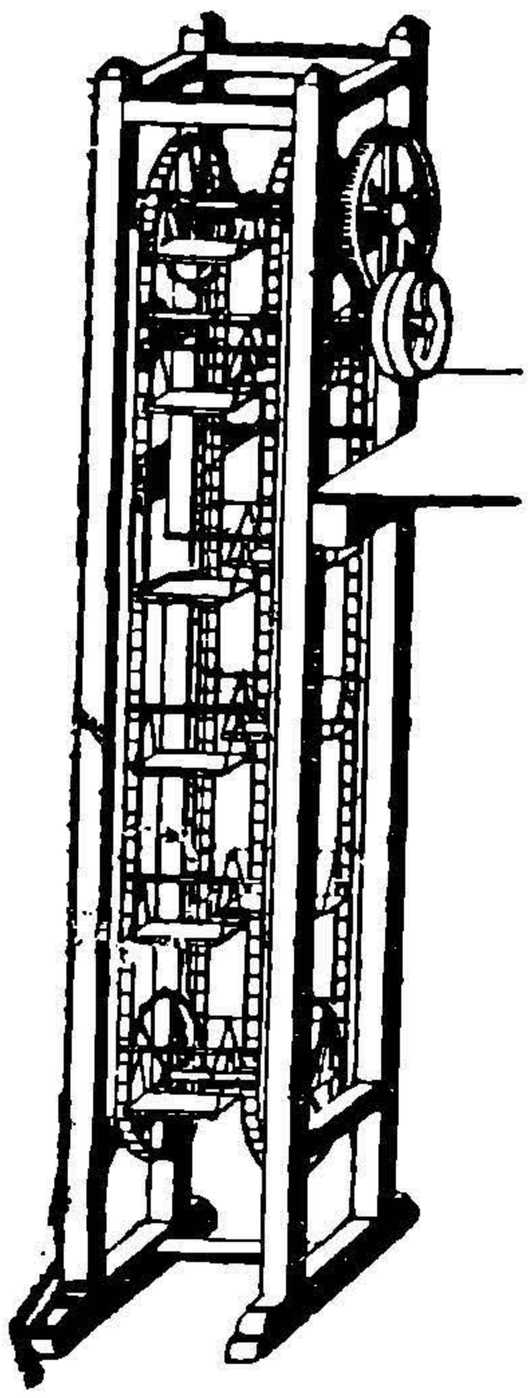


Рис. 58. Цепной полочный элеватор.

К достоинствам элеваторов относятся: 1) отсутствие наружных движущихся частей; 2) несложность устройства; 3) отсутствие пыли.

К недостаткам элеваторов следует отнести: 1) частую смену тяговых органов; 2) большой износ ковшей. Для наклонных элеваторов недостатком еще является необходимость поддержки рабочей и холостой ветвей цепи, вследствие чего увеличивается износ деталей, а также увеличение габаритных размеров в горизонтальной плоскости.

Данные для разных типов вертикальных ковшевых элеваторов с корабельными цепями приводятся в табл. 39.

13. Конвейеры

Конвейер представляет собою транспортер, состоящий из бесконечного тягового органа, огибающего несколько барабанов, расположенных в различных местах. К тяговому органу присоединяются рабочие органы в виде ковшей, полок и т. п., помощью которых материал перемещается в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях.

В конструктивном отношении конвейеры можно разделить на следующие типы: 1) по роду перемещаемых грузов — для массовых грузов и для штучных грузов; 2) по конструкции тягового органа — ленточные, канатные и цепные; 3) по конструкции рабочего органа —ковшевые и полочные. Кроме того различают конвейеры одноплоскостные, т. е. работающие в одной плоскости, и пространственные, перемещающие материал в разных плоскостях.

Перечисленные типы конвейеров состоят из следующих основных деталей: 1) тяговых органов, 2) рабочих органов, 3) станины, 4) приводной станции, 5) натяжной станции, 6) загрузочного и разгрузочного приспособлений, 7) направляющих блоков.

Конструкции основных деталей конвейеров. Тяговые органы. В зависимости от конструкции и назначения конвейера тяговыми органами могут служить ленты и цепи или канаты, описанные нами в параграфах о ленточных транспортерах и об элеваторах.

Рабочие органы. В качестве рабочих органов для конвейеров применяются либо ковши, либо полки.

Ковши изготовляют металлические, со стенками толщиною от 2 до 6 *мм*. Наиболее удобною формою ковша считается закругленное дно с примыкающими к нему прямыми стенками, которые имеют наклон с та-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ким расчетом, чтобы ковши при опрокидывании не задерживали материал. На рис. 59 изображен ковш с шарнирами, предложенный Союзтранстехпромом и применяющийся для конвейеров с шарнирно подвешенными ковшами. Для перемещения штучных грузов вместо ковшей применяются полки, изображенные на рис. 60.

С т а н и н а обыкновенно представляет собою клепаную ферму, обеспечивающую конструкции необходимую жесткость и устойчивость.

П р и в о д н а я с т а н ц и я обычно состоит из электродвигателя, приводных шкивов или звездочек, зубчатых передач и других деталей. Расположение станции обусловливается тем, что груженая ветвь конвейера должна быть ведущей.

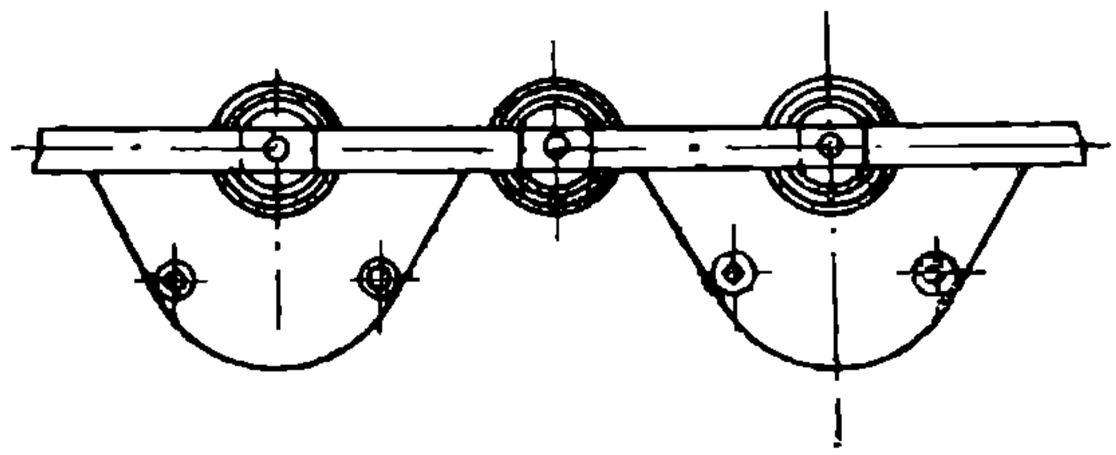


Рис. 59. Ковш с шарнирами.

Н а т я ж н а я с т а н ц и я. В конструктивном отношении натяжные приспособления для конвейеров в большинстве случаев применяются винтового типа.

Расположение станции производится в точке, имеющей наименьшее натяжение.

З а г р у з о ч н ы е и р а з г р у з о ч н ы е приспособления. В зависимости от типа и назначения конвейера загрузка и разгрузка его могут производиться самым разнообразным способом. Так, например, периодически расставленные ковши на конвейере наполняются материалом из питателей в тот момент, когда ковш проходит под отверстием питателя, который в свою очередь либо вращается с нужной скоростью, либо снабжается автоматически регулятором. В случае же конвейера, оборудованного ковшами, расположенными непосредственно один за другим, и если зазоры между ними перекрываются кромками ковшей или закрываются другим способом, питание может производиться непосредственно помощью направляющих воронок.

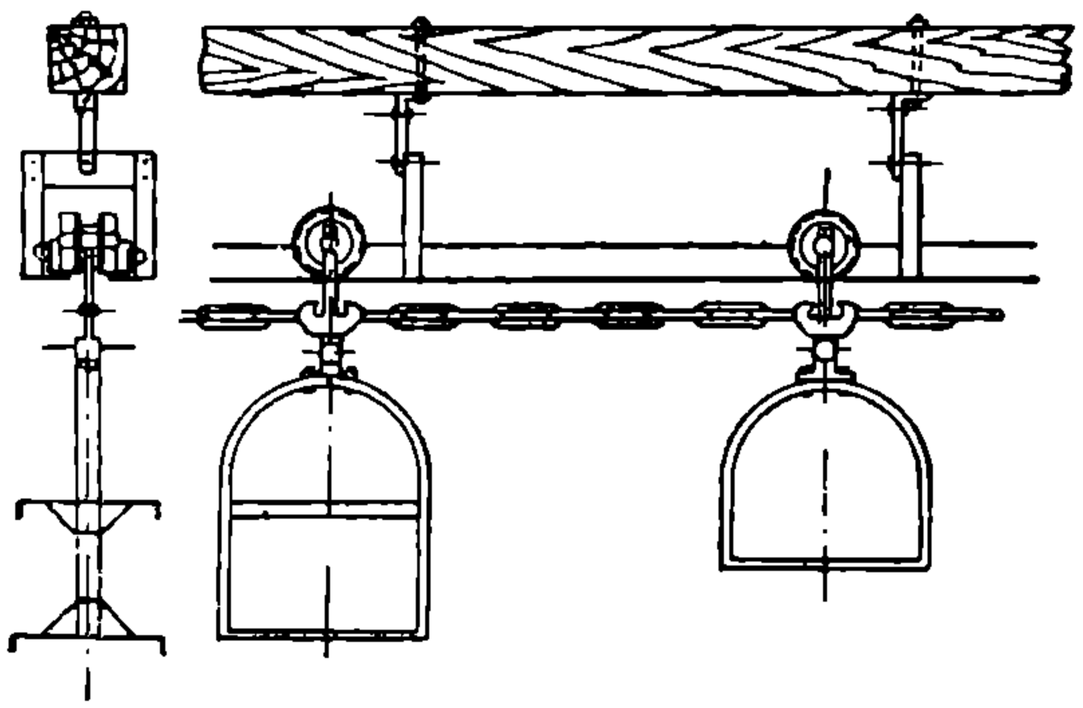


Рис. 60. Полки.

Для разгрузки ковшей также применяют различные приспособления, которые бывают стационарные или передвижные. Первое приспособление состоит из рычага, укрепленного на раме и упирающегося на соответствующий бугель или ролик, в свою очередь укрепленный на боковых стенках ковша. Во время движения ковша последний, встречая на своем пути упорный рычаг, скользит по нему бугелем или роликом, наклоняется и освобождается от содержимого.

В случае передвижного разгрузочного приспособления последнее снабжается подвижной кареткой, которая может устанавливаться в любом месте конвейера; в остальном способ разгрузки сохраняется без изменения.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Типы конвейеров. а) Конвейер цепной с шарнирно-подвешенными ковшами. На рис. 61 изображена схема такого конвейера, состоящего из питателя *1*, ковша *2* разгрузки *3*, цепи *4*, приводного устройства *5*, натяжного устройства *6*, направляющего барабана *7*, шины *8* и станины *9*.

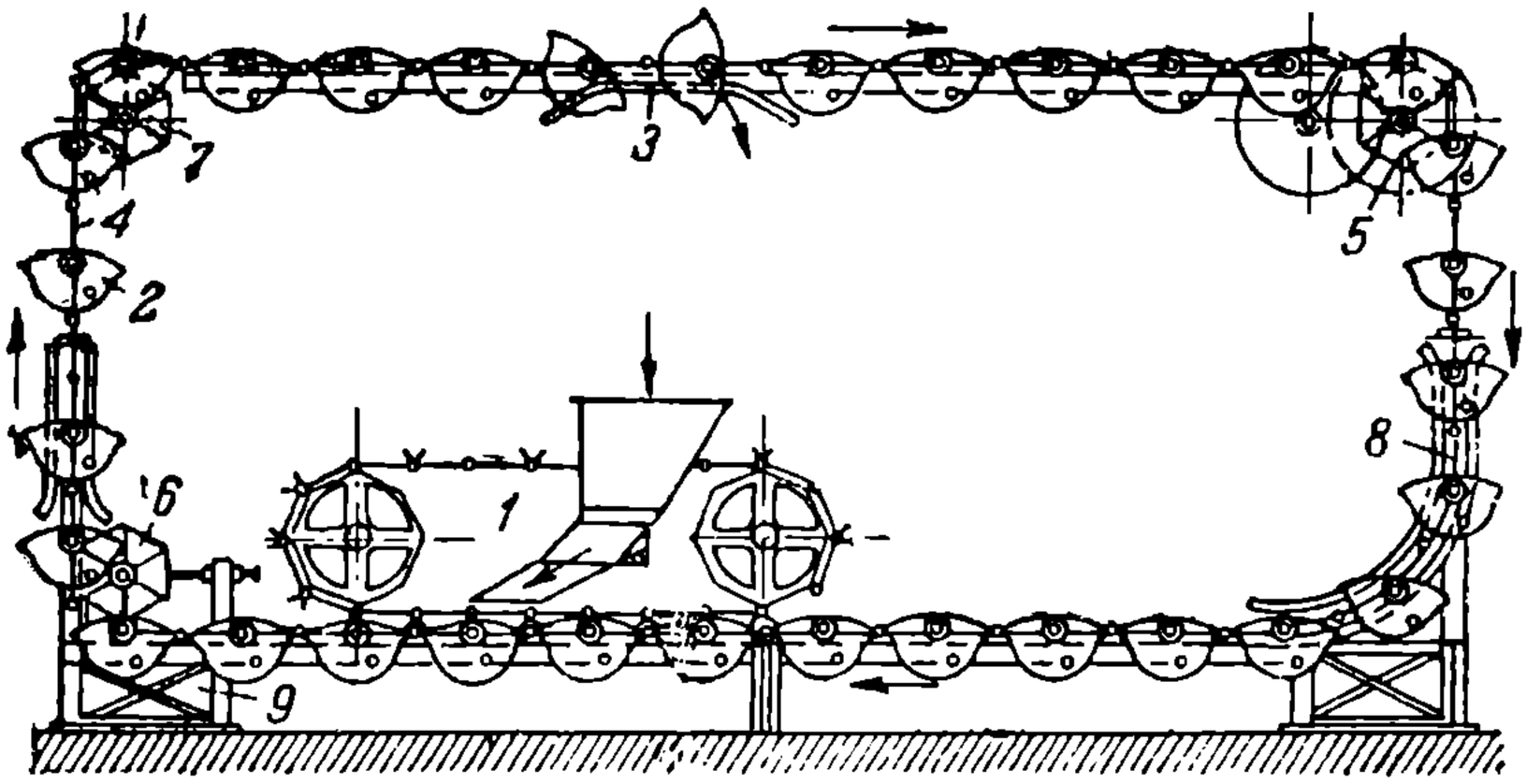


Рис. 61. Цепной конвейер с шарнирно подвешенными ковшами.

Материал засыпается через воронку в ковши во время их передвижения в нижней части рамы конвейера, а разгружается из ковшей во время их движения в верхней части.

б) Конвейер цепной с жестко-закрепленными ковшами. Ковши треугольной формы закрепляются жестко на двух цепях. При движении ковшей последние зачерпывают материал, распо-

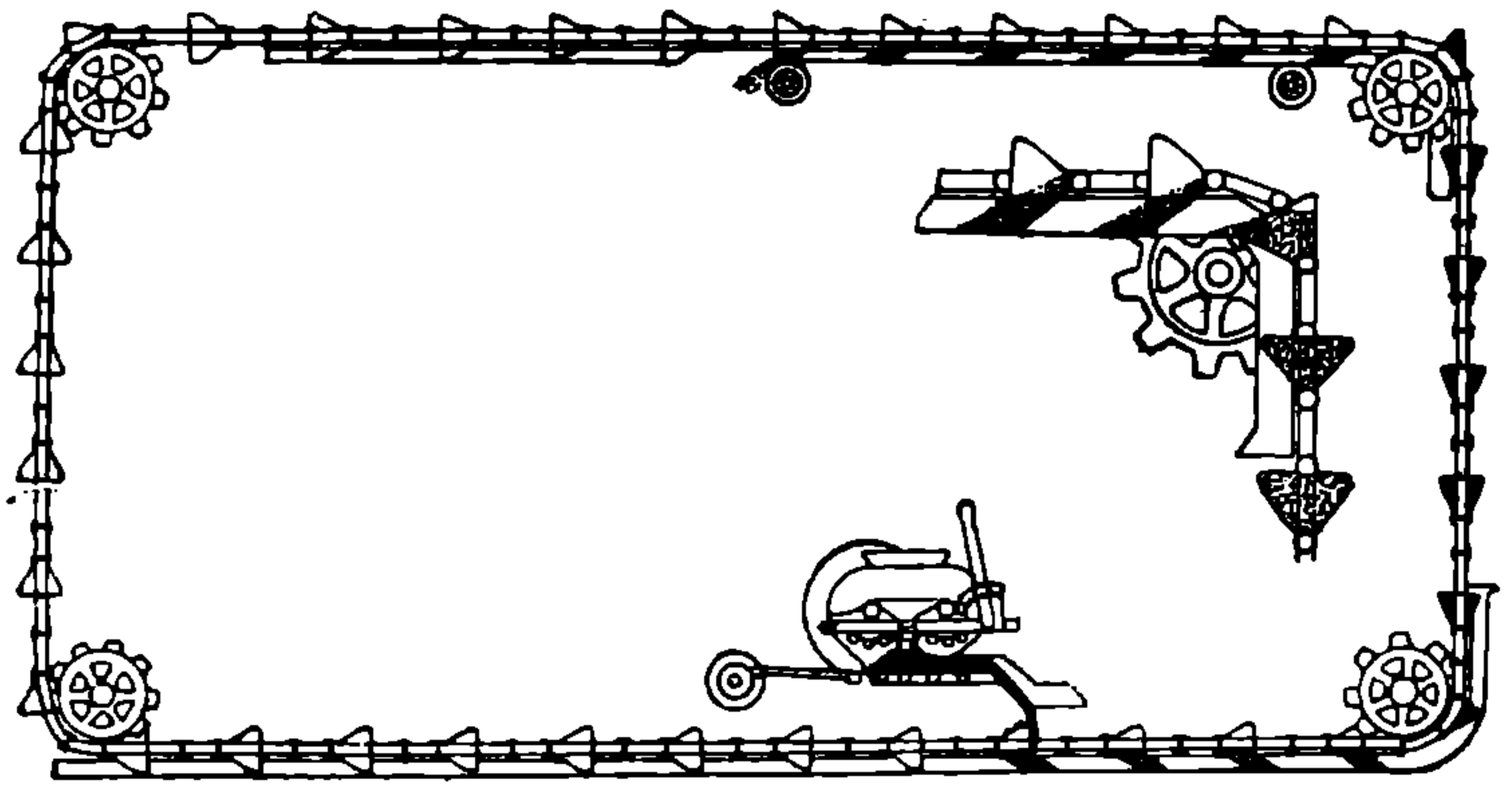


Рис. 62. Цепной конвейер с жестко закрепленными ковшами.

ложенный в нижней части конвейера, и поднимают его вверх, где материал высыпается в горизонтальный жолоб типа скребкового транспортера, причем роль скребков выполняют сами ковши. На рис. 62 изображена схема такого конвейера.

в) Конвейер канатный со скребками. Этот тип конвейера отличается от конвейера с жестко-закрепленными ковшами

НБ УДУНТ (ДІІТ)

главным образом тем, что у него цепи заменены канатами, что значительно облегчает вес и стоимость транспортера.

г) Конвейер пространственный. Рассмотренные нами конвейеры применяются только в тех случаях, когда пункты загрузки и выгрузки материала расположены в одной вертикальной плоскости. Транспортеры, допускающие отклонения ветвей в различных плоскостях при любом расположении мест загрузки и выгрузки материала, обычно

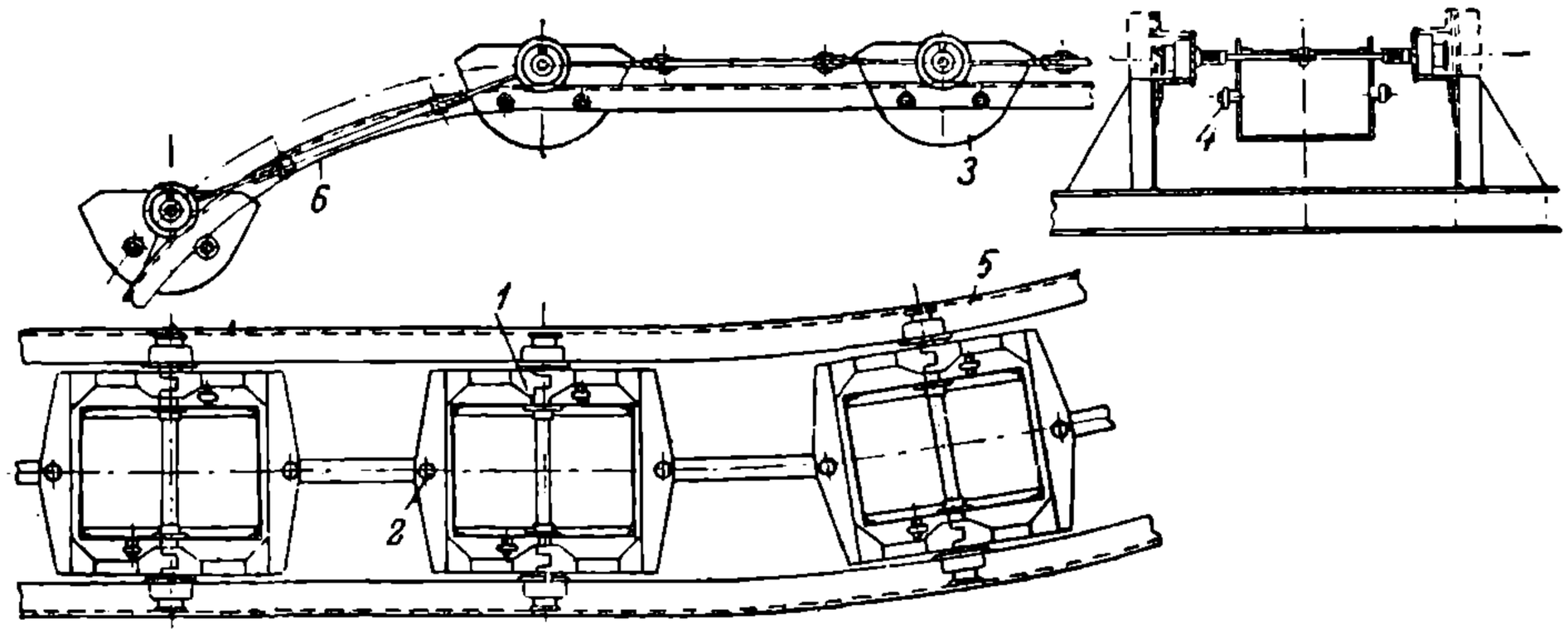


Рис. 63. Участок цепи пространственного конвейера.

называются пространственными конвейерами. Типом такого конвейера может служить конвейер, изобретенный Шенком, предложившим устройство в тяговом органе шарниров, допускающих перекручивание цепи на вертикальном участке, вследствие чего верхние и нижние горизонтальные участки могут быть расположены в любом направлении. Участок цепи конвейера Шенка показан на рис. 63, где цифрами обозначены: *1* — шарнир для кривых в вертикальной плоскости; *2* — шарнир для кривых в горизонтальной плоскости; *3* — ковши; *4* — ролики для опрокидывания ковшей; *5* — кривая в вертикальной плоскости радиусом около 1,2 *м*; *6* — кривая в горизонтальной плоскости радиусом около 4 *м*.

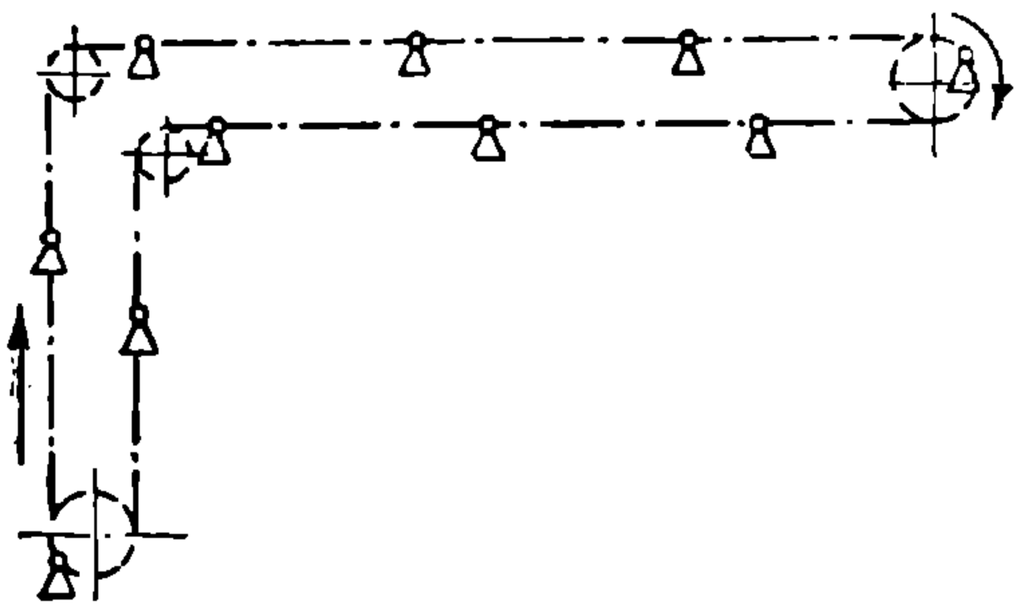


Рис. 64. Цепной конвейер с полками.

д) Конвейеры для штучных грузов сходны с описанными, отличаются только приемниками грузов, которые могут быть расположены с любыми промежутками. Перемещение рабочих органов производится помощью бесконечной цепи, огибающей приводной и поворотные блоки. Загрузка конвейера для штучных грузов обычно производится вручную; разгрузка же может осуществляться как вручную, так и механически. Схематическое изображение конвейера представлено на рис. 64.

Для различных типов конвейеров скорости движения их колеблются от 0,1 до 0,5 *м/сек* в зависимости от размеров конвейера, от веса подвижных частей, от характера перемещаемого материала и др.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Определение производительности. Производительность конвейера для сыпучих материалов определяется по следующей формуле:

$$V = 3600 \cdot \frac{i \cdot v}{a} \psi \ [м^3/час]$$

или

$$Q = 3600 \cdot \frac{i \cdot v \cdot \psi \cdot \gamma}{a} [т/час].$$

При перемещении конвейером штучных грузов его производительность в *т/час* определяется по формуле:

$$Q = 3600 \frac{G \cdot v}{a}.$$

Определение потребной мощности двигателя. Для вычисления потребной мощности электродвигателя для конвейеров пользуются эмпирическими формулами Жиллета,[1] который дает для конвейера:

с шарнирно подвешенными ковшами:

$$N_1 = 0{,}01\ (0{,}084\ L + 0{,}326\ H)\ Q + 0{,}1\ Q\ [ЛС];$$

с жестко закрепленными ковшами:

$$N_1 = 0{,}01\ (0{,}37\ L + 0{,}48\ H)\ Q + 0{,}1\ Q\ [ЛС].$$

Потребная мощность электродвигателя на валу будет:

$$N = \frac{N_1}{\eta}.$$

Пример. Определить расстояние между ковшами и потребную мощность двигателя для конвейера с закрепленными ковшами на цепи, если производительность конвейера составляет 40 *т/час* угля с насыпным весом 0,8, при емкости ковша 0,015 $м^3$, коэфициенте заполнения 0,75, скорости движения цепи 0,5 *м/сек*; расстояние между центрами в горизонтальной плоскости 24 *м*, в вертикальной — 12 *м*.

Из формулы $Q = 3600 \cdot \frac{iv\psi\gamma}{a}$ определяем:

$$a = \frac{3600\, iv\psi\gamma}{Q} = \frac{3600 \cdot 0{,}015 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}8}{40} = 0{,}40\ м.$$

Потребную мощность электродвигателя для конвейера определяем по формуле Жиллета:

$$N_1 = 0{,}01 \cdot (0{,}37\ L + 0{,}48 H)\ Q + 0{,}1 \cdot Q = 0{,}01 \cdot (0{,}37 \cdot 24 + 0{,}48 \quad 12) \cdot 40 + 0{,}1 \cdot 40 = 9{,}85\ ЛС.$$

Потребная мощность электродвигателя на валу

$$N = \frac{N_1}{\eta} = \frac{9{,}85}{0{,}75} = 13{,}1\ ЛС.$$

Применение. Конвейеры главным образом применяются для перемещения грузов большими количествами, где применение их оправдывается целесообразностью и выгодно по сравнению с другими видами транспорта.

[1] H. P. Gillete, Handbook of Mech. and Electr. Cost. Data, New-York, 1913.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Преимуществами конвейера являются: 1) передача материала при переходе с горизонтального участка транспорта на вертикальный и обратно, без перегрузки, что способствует лучшей сохранности материала и упрощает уход за установкой, работающей автоматически; 2) подъем материала на большую высоту и возможность разгрузки его в любых точках.

Недостатками конвейера являются их дороговизна и сложность конструкции, что позволяет применять их только в больших установках как по производительности, так и по масштабу действия.

14. Гидравлические транспортеры

Для перемещения жидкостей служат различного рода аппараты, известные под названием насосов.

Действие насосов основано на изменении в них атмосферного давления. Из всех разнообразных типов насосов рассмотрим наиболее часто применяющиеся для перемещения жидкой глины (шликера) и жидкой смеси глины с известняком (шламма).

Вертикальный плунжерный насос. Указанный насос, изображенный на рис. 65, состоит из стального цилиндра *2*, в котором ходит стальной плунжер *1* (ныряло), т. е. длинный полый поршень. При движении плунжера вверх жидкость засасывается из нижней трубы *3*, приоткрывая шаровый клапан *4*. При опускании плунжера жидкость гонится в трубы *5*, приоткрывая верхний шаровой клапан *6*, обычно чугунный, и дальше направляется по трубе *7* вверх. Нижний клапан в это время закрыт. Плунжер приводится в действие шкивом, передающим движение через шестеренные передачи коленчатому валу. Наиболее изнашивающимися частями насоса являются плунжер и шаровые клапаны, которые должны периодически осматриваться и при обнаружении их выработки тщательно исправляться или заменяться новыми. Удовлетворительная работа насоса в большой степени зависит от хорошей смазки сальника, назначение которого — создать достаточное уплотнение между цилиндрами насоса и плунжером, чтобы предупредить утечку жидкости из цилиндра или присасывание воздуха в цилиндр. Набивкой для сальника служит плетеная бумажная пряжа с резиновой сердцевиной. Перед употреблением набивки ее необходимо хорошо пропитать салом. Во время работы насоса смазку

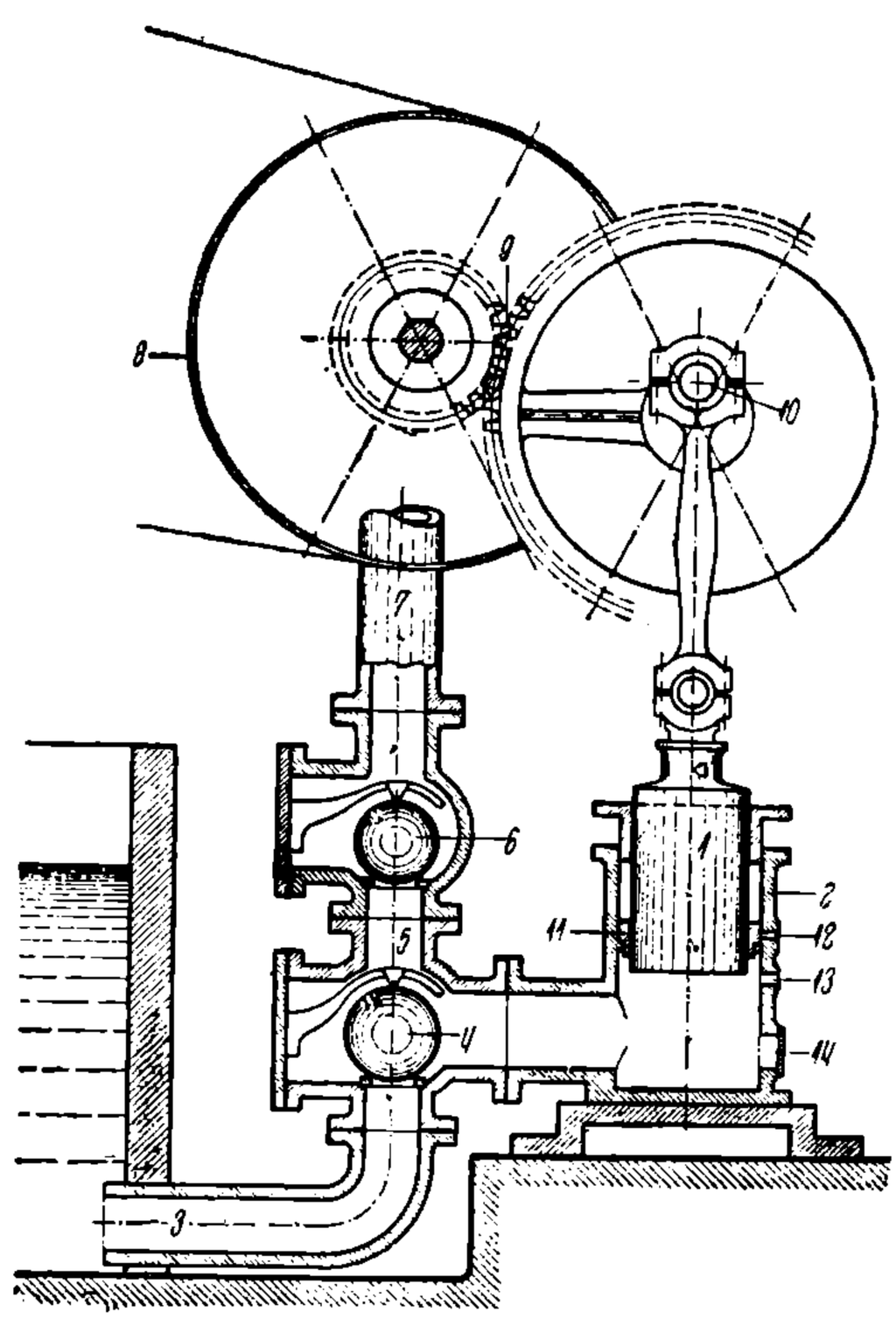


Рис. 65. Плунжерный насос.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

сальника производят при движении плунжера вверх, т. е. в то время, когда в насосном цилиндре происходит разрежение. Смазка подается через отверстие *12* посредством штауферной масленки. У насосного цилиндра, ниже отверстия, расположен пробный кран *13*, служащий для проверки работы цилиндра. Ниже этого крана предусмотрено отверстие, закрытое крышкой *14*, через которое производится очистка дна цилиндра от осадков.

Чтобы избежать повышенного давления жидкости в нагнетательных трубах, движение плунжера производят очень медленно. Скорость движения плунжера можно определить по формуле:

$$v = \frac{2s \cdot n}{60} \ [м/сек].$$

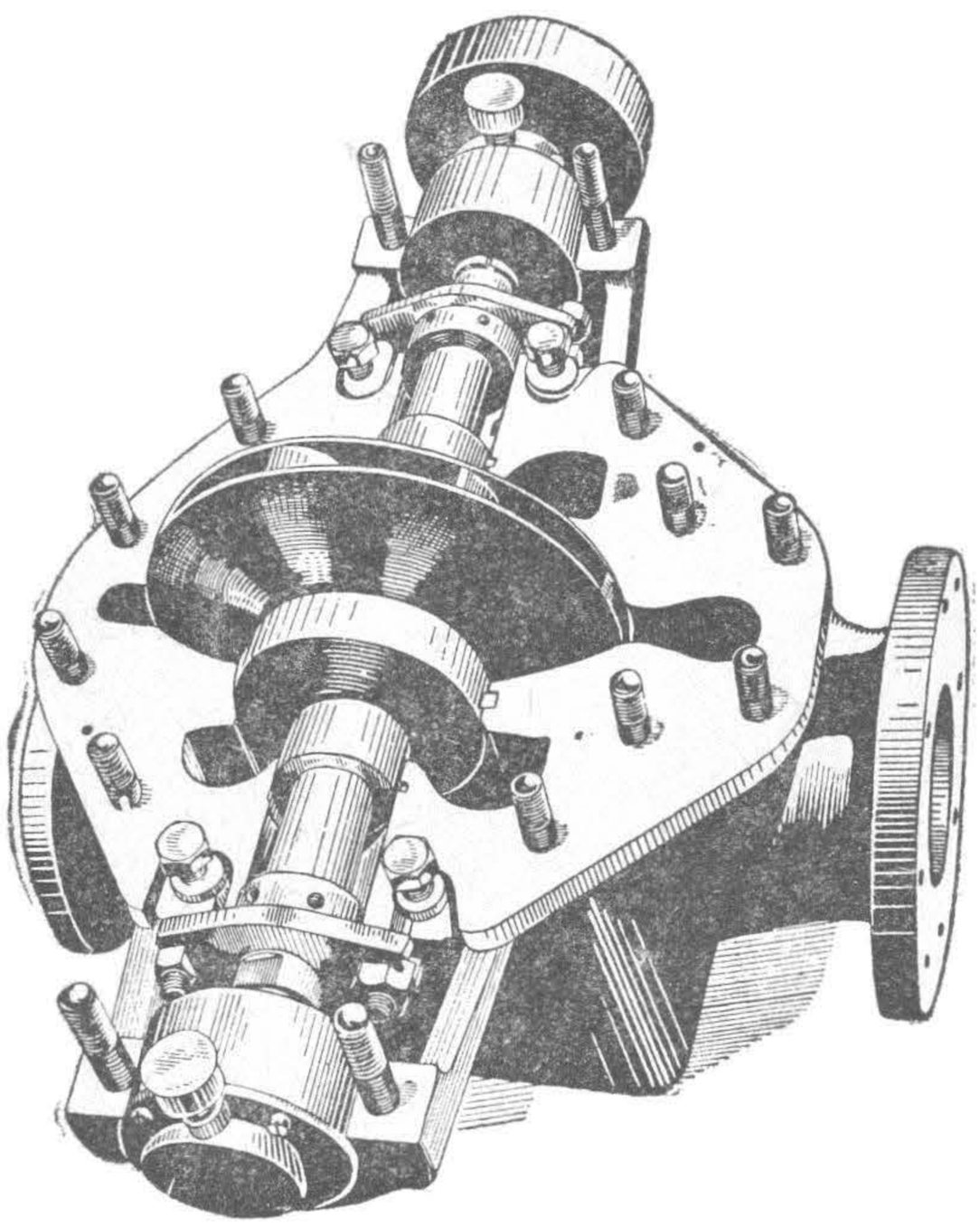


Рис. 66. Центробежный насос.

Давление жидкости на площадь поперечного сечения плунжера можно подсчитать по формуле:

$$P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H_1 \cdot \delta \cdot k,$$

где k — коэфициент наполнения насоса ($k = 0{,}85 \div 0{,}98$).

Теоретическая производительность насоса может быть подсчитана по формуле:

$$V = 60 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} s \cdot m_1.$$

И наконец, зная давление жидкости на плунжер и его скорость, можно определить потребную мощность по формуле:

$$N = \frac{P \cdot v}{75 \cdot \eta},$$

где $\eta = 0{,}60 \div 0{,}80$.

Центробежный насос. В плунжерном насосе, как известно, объем жидкости, нагнетаемый им теоретически, зависит только от скорости движения плунжера, а не от напора, который насосу приходится преодолевать. В центробежном же насосе как напор жидкости, так и объем нагнетаемого вещества зависят от скорости движения колеса с лопатками. Этот тип насоса назван центробежным потому, что центробежная сила является главным фактором в работе этого насоса, обусловливающем успешность его действия.

Рабочим напором, или напором, преодолеваемым насосом, называется полная высота подъема жидкости плюс высота, соответствующая потере на трение и другие сопротивления на пути жидкости. Центробежный насос, показанный на рис. 66, состоит из корпуса, отлитого из чугуна и при больших давлениях из стали, в котором на подшипниках, обычно с кольцевой смазкой, устанавливается стальной вал.

На вал насаживается лопастное колесо, чугунное для небольших напоров и бронзовое для средних и больших напоров. Толщина лопаток ко-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

леблется для чугунных от 6 до 10 *мм*, для бронзовых от 5 до 6 *мм*. Вал вместе с лопастным колесом приводится в действие обычно непосредственно от электродвигателя.

Наиболее изнашивающимися частями насоса являются лопатки рабочего колеса. Удовлетворительная работа насоса в данном случае также в большой степени зависит от хорошей набивки сальников, как об этом уже указывалось при описании плунжерного насоса.

Перед пуском центробежного насоса необходимо предварительно произвести его заливку, т. е. заполнить насос жидкостью, которую он будет перемещать. При предварительном заполнении насоса жидкостью,

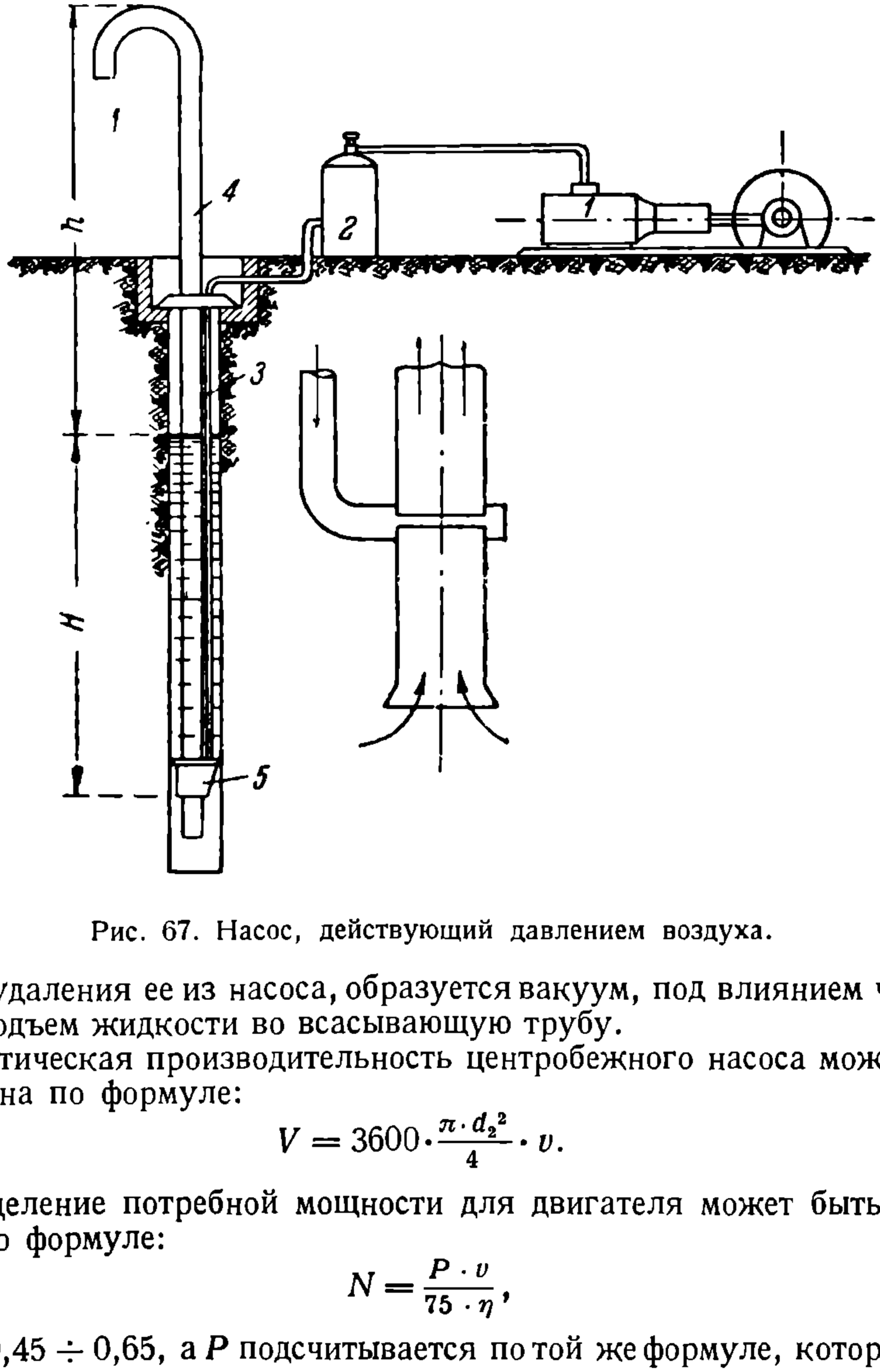


Рис. 67. Насос, действующий давлением воздуха.

по мере удаления ее из насоса, образуется вакуум, под влиянием чего начнется подъем жидкости во всасывающую трубу.

Теоретическая производительность центробежного насоса может быть определена по формуле:

$$V = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot v.$$

Определение потребной мощности для двигателя может быть произведено по формуле:

$$N = \frac{P \cdot v}{75 \cdot \eta},$$

где $\eta = 0{,}45 \div 0{,}65$, а P подсчитывается по той же формуле, которая приведена при описании плунжерного насоса, причем вместо размера для диа-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 40

Группа			X	X	X	X	X	X	X	I
Диаметр отверстия насоса	всасывающего	*мм*	40	50	65	80	100	150	200	300
	нагнетательного	„	40	50	65	80	100	150	200	250
Число колес		. . .	1	1	1	1	1	1	1	1
Производительность		*м³/час*	4—13	6—20	13—38	25—68	60—108	155—270	270—480	700
Полный напор .		*м*	2—18	2—20	3—26	4—30	10— 30	10— 30	10— 30	40
Число оборотов в минуту			960 2900	990 2900	960 2900	960 2560	1190 2050	840 1450	630 1090	1450
Потребная мощность электродвигателя		*ЛС*	0,3 —3,0	0,4 —4,5	0,6 —9,5	1,5 —18,0	7,0 — 28,0	14,0 —65,0	22,0 —100,0	200,0
Вес (без электродвигателя) .		*кг*	24	34	50	71	200	250	525	630
Габариты: ширина . .		*мм*	260	300	360	420	525	624	915	1080
„ длина			445	500	570	600	633	840	1266	1320
„ высота			260	290	340	400	460	620	855	1000
Размеры шкивов	диаметр		90	90	125	125	150	250	350	непоср.
	ширина .		85	85	100	100	110	200	300	соедин.

метра плунжера следует подставить величину диаметра нагнетающей трубы.

При сравнении центробежного насоса с плунжерным следует отметить следующие преимущества первого перед вторым:

1) незначительные размеры насоса и фундамента;

2) отсутствие клапанов и других легко портящихся частей;

3) меньшая возможность к засорению насоса;

4) меньшие расходы на первоначальные и эксплоатационные затраты;

5) возможность легкого регулирования количества подаваемой жидкости;

6) возможность непосредственного соединения насоса с электродвигателем.

К недостаткам центробежного насоса по сравнению с плунжерным относятся:

1) коэфициент полезного действия меньше на 10÷15%;

2) затруднения при пуске насоса и необходимость его заливания жидкостью;

3) затруднительность при изготовлении насосов малой производительности (менее 5 *л/сек*) по конструктивным соображениям.

Данные для центробежных насосов приведены в табл. 40.

Насосы, действующие давлением воздуха. Насосы, действующие давлением воздуха, известны под названием Мамут-насосов и Эрлифтов.

На рис. 67 изображена схема подобного насоса. В нем в подаваемую жидкость погружена трубка *3* и струя сжатого воздуха вдувается в ее погруженный конец в месте соединения *5* с нагета-

НЕПРИКОСНОВЕННЫЙ ФОНД УДУНТ (ДПТ)

тельной трубой *4*. Давлением воздуха поднимается смесь жидкости и воздуха по трубе *4* вверх. Сжатый воздух поступает из компрессора *1* в воздушный резервуар *2* и трубу *3*.

Количество воздуха, необходимого для работы насоса, зависит от глубины погружения башмака и высоты подъема воды. В случае подъема воды необходимое количество воздуха может быть подсчитано по эмпирической формуле Андерсона:

$$w_1 = \frac{k \cdot H_1}{c \cdot \lg \frac{H_2 + 10}{10}},$$

где k — коэфициент, равный $2{,}1 + 0{,}0164\, H_1$; c — коэфициент, зависящий от H_1; он имеет следующие значения:

H_1	c
3— 18	245
18— 61	233
61—155	216
155—198	185
198—229	156

Определение производительности насоса и потребной мощности для двигателя может быть подсчитано по формулам, приведенным нами при описании центробежного насоса.

Этот насос, по сравнению с ранее описанными плунжерными и центробежными насосами, отличается чрезвычайной простотой устройства и не имеет никаких движущихся частей.

Недостатками его являются: необходимость иметь компрессорную установку, сравнительно большой расход потребляемого воздуха, необходимость в значительном погружении трубы, незначительный коэфициент полезного действия ($\eta = 0{,}20 \div 0{,}30$).

Данные для насоса, действующего давлением воздуха, приведены в табл. 41.

Таблица 41

Подача воды *м³/час*	Диаметр труб для воды *мм*	Диаметр труб для воздуха *мм*	Расход воздуха *м³/час*	Потребная мощность двигателя для компрессора *ЛС*
7	50	25	21	3,5
18	75	32	54	6,0
30	100	38	90	8,0
48	125	50	144	10,5
60	150	63	180	11,5
90	150	63	270	17,0
180	200	75	540	35,0

Примечание. При глубине погружения сосуна 10 *м*, при высоте подъема 10 *м*, и при расходе 3 *м³* воздуха на 1 *м³* воды.

15. Пневматические транспортеры

Перемещение сыпучих и кусковых материалов струей воздуха известно давно. Материалы, удельный вес которых значительно превосходит удельный вес воздуха, легко и удобно транспортируются струей воздуха.

Пневматические транспортеры бывают: всасывающие, работающие разреженным воздухом, нагнетательные, работающие сжатым воздухом, и смешанные, работающие разреженным и сжатым воздухом.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Всасывающая пневматическая установка схематически изображена на рис. 68. Установка состоит из сопла *1*, всасывающего трубопровода *2*, бункера *3* со шлюзовым затвором *4*, воздухопровода *5*, фильтра *6* с разгрузочным устройством *7*, воздухопровода *8*, эксгаустера *9* и отводящей трубы для воздуха *10*.

Эксгаустер отсасывает воздух из установки и создает пониженное давление у сопла, вследствие чего наружный воздух устремляется в сопло и гонит в него перемещаемый материал. В бункере меняется направление движения струи воздуха, и он направляется по трубе *5* в фильтр, в котором он очищается. Чистый воздух эксгаустером направляется наружу. Материал же падает на дно разгрузителя и выпускается из него помощью шлюзового затвора.

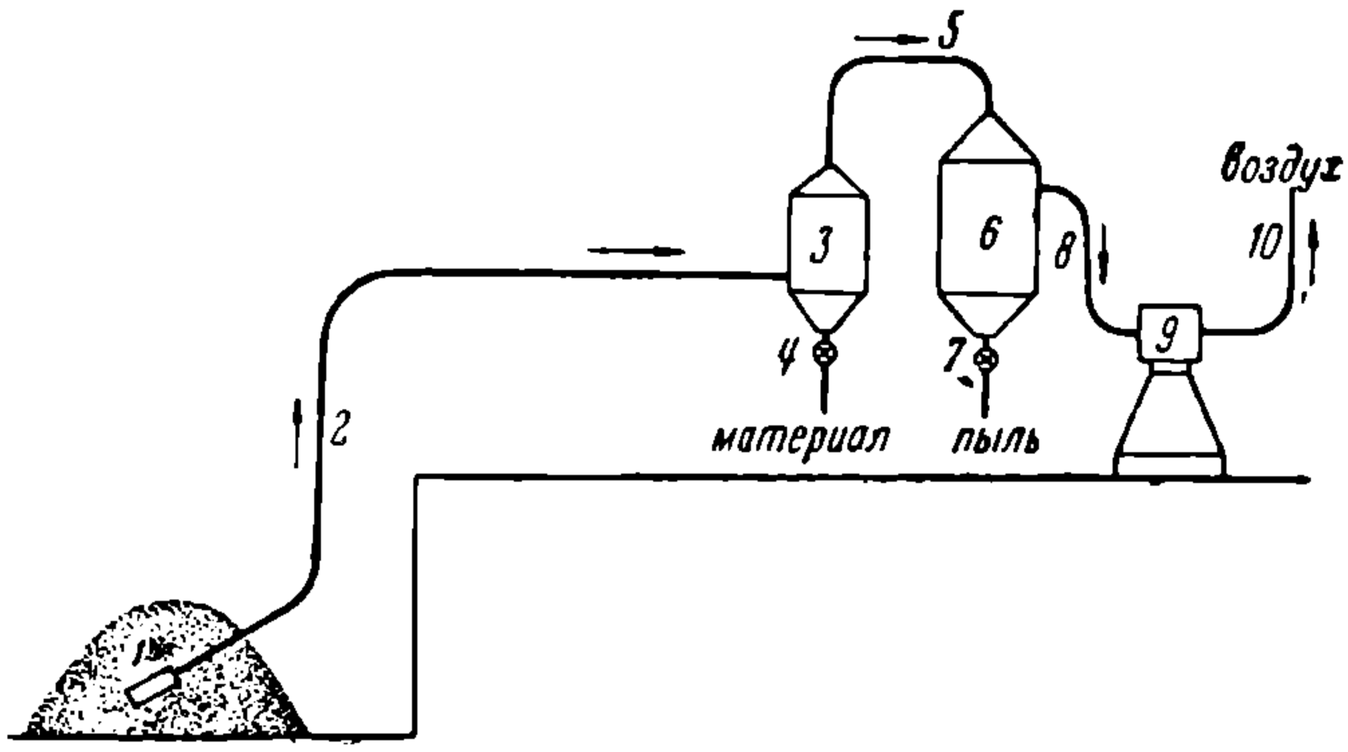


Рис. 68. Схема всасывающей пневматической установки.

Нагнетательное пневматическое устройство схематически изображено на рис. 69.

Устройство состоит из вентилятора *1*, воздушного колпака *2*, служащего для регулирования давления в системе, загрузочной воронки *3* со шлюзовым затвором *4*, выпускающим материал из воронки *3* и препятствующим в то же время проходу сжатого воздуха в воронку, бункера *5* с затвором *6*, воздухопровода *7*, фильтра *8* с разгрузочным устройством *9* и трубы *10*, отводящей очищенный воздух в атмосферу

Наконец смешанное пневматическое устройство состоит из соединения всасывающей и нагнетательной установок.

За последнее время на наших заводах для подачи порошкообразных материалов на большие расстояния находят применение воздушно-механические насосы.

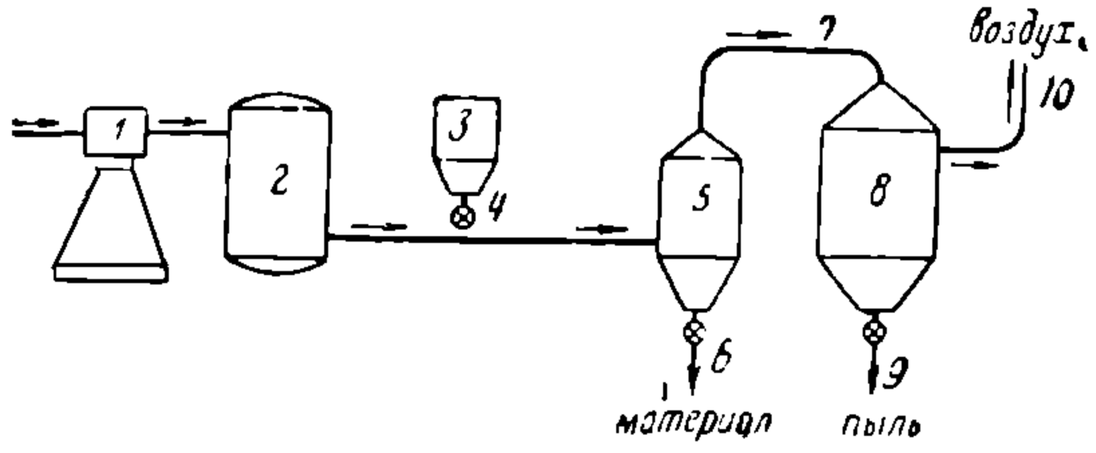


Рис. 69. Схема нагнетающей пневматической установки.

Рис. 70 изображает насос системы Фуллер-Киньон, в котором составными частями служат: воронка *1*; корпус насоса *2*, шнек *3*, установленный на подшипниках *4*; форсунка *5*; трубопровод *6*, по которому производится перемещение материала; трубопроводы *7*, по которым подается сжатый воздух от компрессора в систему, и манометры *8*.

Для приведения в движение шнека служит электродвигатель *9*, соединенный с валом шнека муфтой *10*.

Насос работает следующим образом. Материал через загрузочную воронку поступает в шнек, который быстрым вращением продвигает материал к форсунке. К последней подводится сжатый воздух, который

НБ УДУНТ (ДІІТ)

как бы продавливается через отверстия форсунки с большой скоростью. Материал подхватывается воздухом, тесно перемешивается с ним и уносится в пылепровод, по которому и передается в место подачи.

Особенностью конструкции шнека насосов является диференциальность их шага. Так например, шестидюймовый насос имеет шаг первого витка 165 *мм*, а шаг последнего витка — 125 *мм*. Вследствие этого в начале шнека скорость движения материала 2,7 *м/сек*, а в конце—2 *м/сек*.

Благодаря такой разности скоростей материал между входным отверстием и выходной частью насоса уплотняется, не пропуская воздух высокого давления к устью бункера. Зазор между лопастями шнека и между кожухом оставляется в пределах 1 *мм*. При перемещении слабых матери-

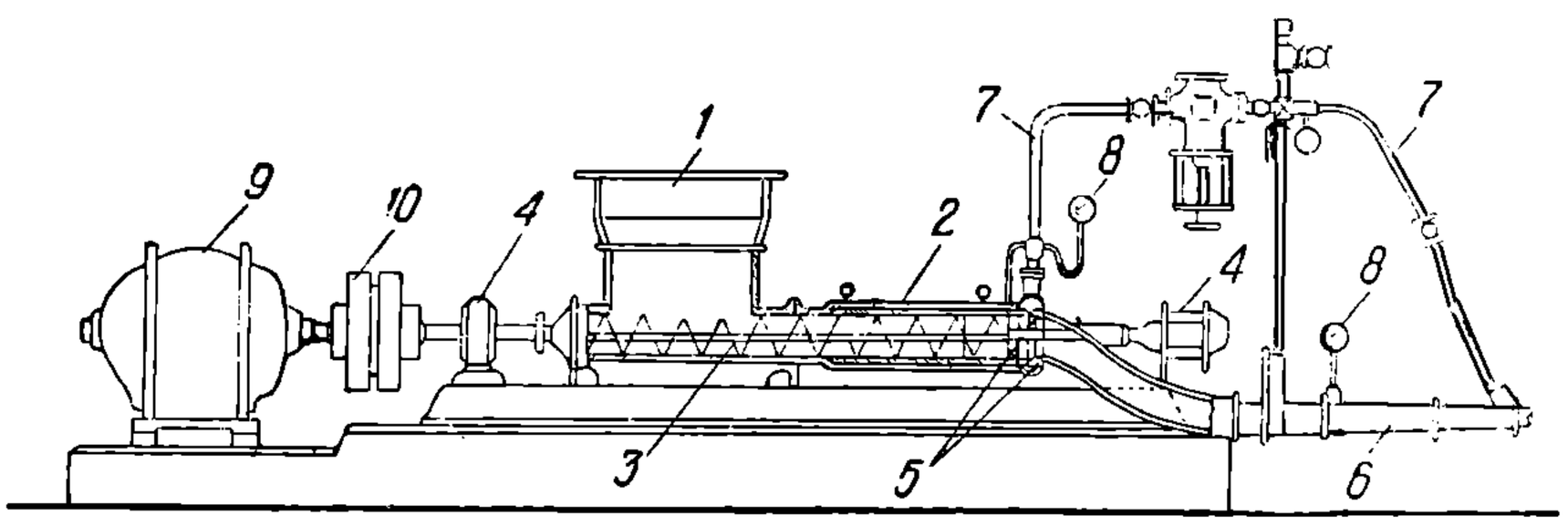


Рис. 70. Воздушно-механический насос.

алов шнек изготовляется сплошным, а при перемещении крепких материалов шнек снабжается сменным наконечником.

Отношение скорости движения материала в начале и в конце шнека характеризует степень уплотнения. Так например, для нашего случая (при скоростях 2,7 и 2 *м/сек*) степень уплотнения равна 1,35. Шнек подает материал в уплотненном виде к форсунке. Форсунка представляет собой кольцевую шайбу с рядом мелких отверстий по окружности, через которые продувается воздух высокого давления (3-4 *ат*).

Так например, для шестидюймового насоса число отверстий по окружности шайбы равно 42, а диаметр каждого отверстия 2 *мм*. Воздух проходит через отверстия шайбы со скоростью, близкой к критической (около 300 *м/сек*). Струйки воздуха, имеющие большую кинетическую энергию, разбивают уплотненную массу пыли и передают ее в трубопровод. Давление в трубе после выхода из насоса поддерживается так, чтобы обеспечить скорости выхода воздуха, близкие к критическим, т. е. отношения давления перед соплом к давлению после сопла должно быть 1,894.

В таком случае, если давление перед соплом равно 3 *ат*, то давление в трубопроводе должно быть около 1,6 *ат*.

Смесь пыли и воздуха, при поступлении в трубопровод, дополнительно разжижается вторичным воздухом, образуя подвижную текучую эмульсию, способную двигаться по трубам подобно жидкости. Вторичный воздух подается также со скоростью около 300 *м/сек*.

Материал по трубопроводу подается со скоростью от 1,5 до 5 *м/сек*. Скорость пылевоздушной смеси в значительной степени зависит от размеров частиц перемещаемого материала. На равномерность подачи материала насосом оказывает влияние не только правильно выбранная скорость воздуха, но и влажность подаваемого материала. С увеличением

НБ УДУНТ (ДІІТ)

степени влажности его возрастает опасность замазывания трубопровода.

Пуск насоса Фуллер-Киньон осуществляется следующим образом: сначала подают воздух в сальники и воду для охлаждения подшипника; затем открывают шибер на пылепроводе и продувают его. После этого сжатый воздух подают в шнек, включают насос и открывают шибер у питательного бункера. Материал, поступающий в насос, может им разгружаться в нескольких пунктах последовательно, но не одновременно.

В условиях эксплоатации насоса необходимо принимать меры, чтобы воздух, поступающий из компрессора, был достаточно сухим. Для этого его рекомендуется пропускать сквозь фильтр из торфа или кокса.

Контроль и управление всей системой осуществляется с центрального щита, устанавливаемого вблизи насоса. При перемещении материала в среднем на 100 *м* расход воздуха на 1 *т* цемента составляет от 7 до 8,5 $м^3$, давление воздуха колеблется от 4 до 6 *ат*.

Кроме указанных здесь стационарных насосов для перемещения материалов применяются также передвижные насосы.

Определение производительности. Производительность шнека, а следовательно и насоса, может быть подсчитана по известной уже формуле:

$$V = 60 \cdot \frac{\pi (D^2 - d^2)\, s \cdot n}{4}.$$

Применение. Пневматический транспорт применяется для перемещения молотых сыпучих материалов (цемент, уголь, глина, магнезит и др.). Наибольшим распространением пневматический транспорт пользуется при разгрузке из судов сыпучих материалов.

Данные для насосов системы Фуллер-Киньон приведены в табл. 42.

Таблица 42

Наименование величин	Тип насоса			
	I	II	III	IV
Диаметр насоса (для шнека) . . . . . *мм*	101,6	152,4	203,2	254
Производительность для цемента (приблизительно) . . . . *т/час*	6—15	20—40	50—120	100—200
Число оборотов шнека в минуту	1 000—1 500	750—1 000	750—1 000	750—900
Потребная мощность электродвигателя . . *ЛС*	12—30	30—60	80—150	120—200
Диаметр трубопровода *мм*	51—76	76—127	127—152	152 - 203

К достоинствам насоса системы Фуллер-Киньон по сравнению с другими транспортерами следует отнести возможность перемещения сыпучих материалов на большие расстояния (до 2000 *м*), причем подъемы, уклоны, а также климатические условия не влияют на работу; полное обеспыливание, улучшение санитарных условий, безопасность транспорта и т. п.

К недостаткам насоса следует отнести повышенный расход электроэнергии по сравнению с другими видами транспорта и необходимость в установке компрессора.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

АППАРАТЫ ДЛЯ СОРТИРОВКИ

§ 1. Классификация и способы сортировки материалов

В современных производственных условиях правильная организация операций по сортировке материалов имеет существенное значение. И тем не менее, несмотря на чрезвычайное разнообразие различных аппаратов, служащих для целей сортировки материалов, установившейся классификации на эти аппараты нет, а также, в большинстве случаев, отсутствуют и теоретические обоснования их работы. Следует отметить, что в отношении терминологии, характеризующей процесс сортировки, нет единообразия выражений, и сортировка часто называется просеиванием, грохочением, классификацией, сепарацией, селекцией и т. д.

В целях установления какого-либо определенного метода подхода к характеристике аппаратов для сортировки нами предлагается классификация аппаратов (см. табл. 43), которой мы придерживались при из-

Таблица 43

Классификация сортировочных аппаратов

Способы сортировки	Типы сортирующих аппаратов
Механический	Плоские неподвижные сита Плоские подвижные сита: 1) качающиеся 2) вибрирующие а) механические б) электрические Барабанные неподвижные сита (триксы) Барабанные подвижные сита: 1) цилиндрические 2) конические 3) призматические 4) пирамидальные
Гидравлический	Сепараторы: а) с движением частиц под действием силы тяжести б) с движением частиц под действием восходящей струи в) с комбинированным движением частиц
Воздушный	а) с движением частиц под действием силы тяжести б) с движением частиц под действием центробежной силы в) с комбинированным движением частиц
Магнитный	а) магнитные б) электромагнитные

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ложении курса «Основные процессы и аппараты» в Ленинградском химико-технологическом институте.

Операции по сортировке, в зависимости от поставленной задачи, разделяются на самостоятельные и подготовительные. В первом случае сортировкой заканчивается приготовление готовых продуктов, например получение гравия, песка и т. п. Во втором случае происходит подготовка материалов для каких-либо последующих операций, например обработка сырых материалов для производства цемента, штукатурного гипса, шамота и т. п.

Сортировка материалов может быть произведена различными способами: механическим, гидравлическим, воздушным, магнитным.

М е х а н и ч е с к а я сортировка, осуществляемая помощью аппаратов, снабженных ситами или решетками и аппаратами без сит, применяется для крупных (от 200 до 50 *мм*), средних (от 50 до 10 *мм*) и мелких (от 10 до 1 *мм* и в исключительных случаях до 0,5 *мм*) зерен.

Г и д р а в л и ч е с к а я сортировка, осуществляемая сепараторами и применяемая главным образом для мелких зерен (от 2 *мм* и ниже).

В о з д у ш н а я сортировка, осуществляемая сепараторами и применяемая преимущественно для мелких зерен меньше 1,5 *мм*.

М а г н и т н а я сортировка, осуществляемая посредством магнитов, применяется главным образом для отделения металлических включений, загрязняющих сырье.

§ 2. Механическая сортировка

1. Способы просеивания

В процессе просеивания на одном сите с отверстиями диаметра d всегда получается два продукта: верхний (высший сорт) и нижний (низший сорт). Если требуется получить более чем два сорта, то применяется многократное просеивание на нескольких ситах, причем просеивание на n ситах дает всегда $(n+1)$ сортов.

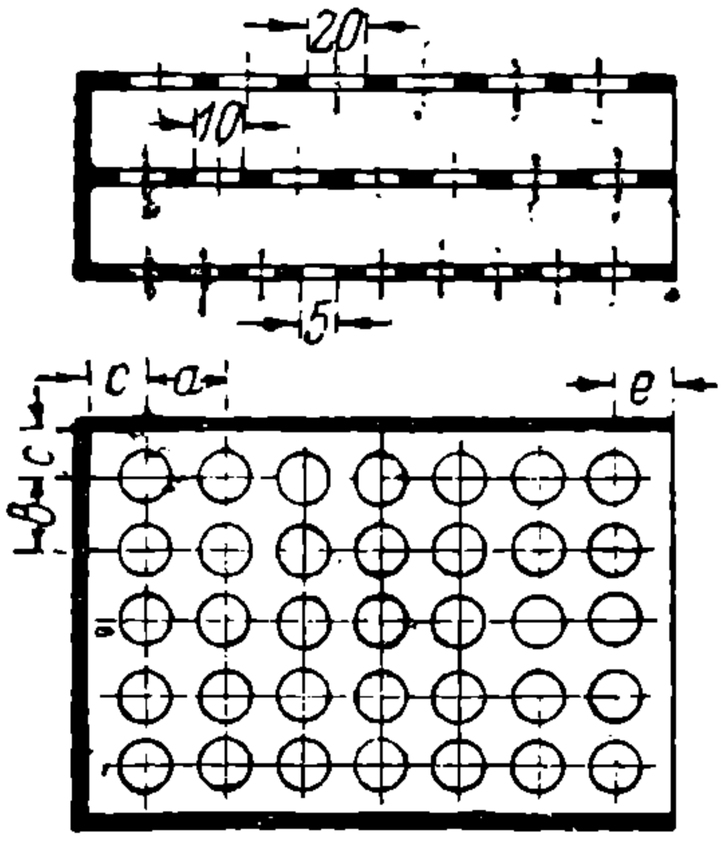


Рис. 71. Расположение сит с постепенно убывающим размером отверстий.

Многократное просеивание может осуществляться двумя способами: 1) сначала отсеиваются более крупные сорта, а потом более мелкие; 2) сначала отсеиваются более мелкие сорта, а потом более крупные.

При просеивании по первому способу материал пропускается через сита, размеры отверстий которых постепенно убывают, причем при просеивании готовым продуктом получается высший сорт, а следующий, состоящий из смеси всех остальных, является несортированным продуктом, который направляется на последующие сита. Схема просеивания материала таким способом показана на рис. 71. Этот способ применяется в тех случаях, когда требуется более точное разделение материала по сортам.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

При втором способе просеивания сита располагаются в обратном порядке, т. е. с постепенно увеличивающимися диаметрами отверстий, как это показано на рис. 72. В этом случае при просеивании готовым продуктом получается низший сорт, а верхний, состоящий из смеси всех остальных, является промежуточным продуктом и передается на следующие сита.

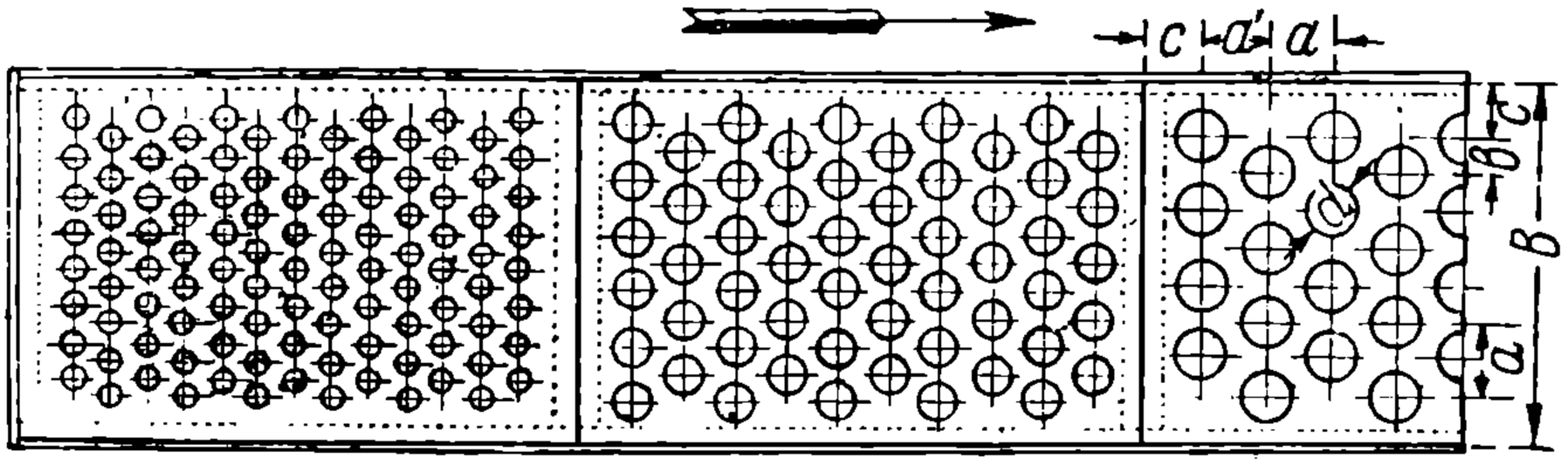


Рис. 72. Расположение сит с постепенно увеличивающимся размером отверстий.

Второй способ находит применение в тех случаях, когда точного разделения продукта не требуется.

Что касается обозначения сит, то в европейской практике принято обозначать отдельно ширину отверстия в свету и толщину проволоки в миллиметрах, как это показано на рис. 73, через l и d, а в практике США и Англии размер отверстий сита обозначается словом «сетка» (mesh), выражающим число отверстий на 1 пог. дюйм. Последний способ обозначения чрезвычайно неудобен, так как, пока не указана толщина d проволоки, совершенно неизвестна ширина l отверстия в свету, т. е. величиной a определяется лишь расстояние между серединами отверстий, но не размер самого отверстия.

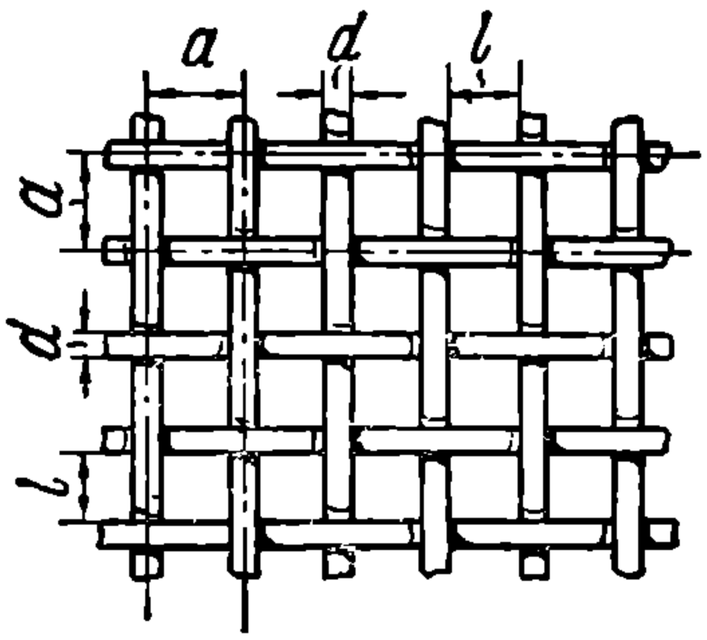


Рис. 73. Обозначения отверстий сит.

В табл. 44 приводится характеристика контрольных сит по германским нормам, а в табл. 45 — характеристика американской сетки (mesh) в метрических мерах.

2. Типы аппаратов с ситами

Существующие в настоящее время аппараты для просеивания отличаются чрезвычайным разнообразием конструкции, а потому в дальнейшем мы будем рассматривать их лишь по признакам, относящимся к форме сит, а именно: аппараты с плоскими и барабанными ситами.

Плоские сита. Плоские сита бывают неподвижные и приводимые в движение от двигателя.

К неподвижным ситам или решетам относятся решетки, состоящие из колосников (rost). Устанавливаются эти решета или горизонтально или с уклоном, доходящим до 40°. Просеивание через них происходит за счет живой силы материала, сваливаемого на решетку.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 44

№ сита		4	5	6	8	10	11
Число отверстий на 1 *см*²		16	25	36	64	100	121
Размер отверстий .	*мм*	1,50	1,20	1,02	0,75	0,60	0,54
Диаметр проволоки	„	1,00	0,80	0,65	0,50	0,40	0,37
№ сита	.	12	14	16	20	24	30
Число отверстий на 1 *см*²	.	144	196	256	400	576	900
Размер отверстий	*мм*	0,49	0,43	0,385	0,300	0,250	0,200
Диаметр проволоки		0,34	0,28	0,24	0,20	0,17	0,13
№ сита	.	40	50	60	70	80	100
Число отверстий на 1 *см*²	. .	1600	2500	3600	4900	6400	10 000
Размер отверстий .	*мм*	0,150	0,120	0,102	0,088	0,075	0,060
Диаметр проволоки	„	0,100	0,080	0,065	0,055	0,050	0,040

Таблица 45

Сетка	. .	2,5	3	3,5	4	5	6	7
Размер отверстий .	*мм*	8,00	6,72	5,66	4,76	4,00	3,36	2,83
Диаметр проволоки .	„	1,85	1,65	1,45	1,27	1,12	1,02	0,92
Сетка	. .	8	10	12	14	16	18	—
Размер отверстий .	*мм*	2,38	2,00	1,68	1,41	1,19	1,00	—
Диаметр проволоки	„	0,84	0,76	0,69	0,61	0,54	0,48	—
Сетка	. .	20	25	30	35	40	45	—
Размер отверстий .	*мм*	0,84	0,71	0,59	0,50	0,42	0,35	—
Диаметр проволоки	„	0,42	0,37	0,33	0,29	0,25	0,22	—
Сетка	. .	50	60	70	80	100	120	—
Размер отверстий .	*мм*	0,297	0,250	0,210	0,177	0,149	0,125	—
Диаметр проволоки	„	0,188	0,162	0,140	0,119	0,102	0,086	—
Сетка	.	140	170	200	230	270	325	—
Размер отверстий .	*мм*	0,105	0,088	0,074	0,062	0,053	0,044	—
Диаметр проволоки	„	0,074	0,063	0,053	0,046	0,041	0,036	—

Рис. 74 изображает колосниковую решетку, служащую для пропуска через нее крупнокускового материала и устанавливаемую преимущественно перед различного рода транспортерами (элеваторы, шнеки и т. п).

Плоские сита, приводимые в движение от двигателя, также бывают как горизонтальные, так и наклонные, при этом угол наклона обычно не превышает 18°

По характеру просеивающей части аппараты разделяются на колосниковые и ситовые; последние в свою очередь подразделяются на проволочные и листовые.

Листовые сита могут быть с просверленными или проштампованными отверстиями, слегка расширяющимися в сторону выхода материала, круглой, овальной, прямоугольной, квадратной и других форм, как изображено на рис. 75.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

В качестве материала для штампованных и проволочных сит рекомендуется мягкая сталь. Для тонких проволочных сит, кроме стали, применяются также бронза, латунь, медь, цинк и др. За последнее время некоторые из американских фирм рекомендуют для проволочных сит брать марганцовистую сталь с временным сопротивлением разрыву — 90—100 *кг/мм²*, срезыванию — 70—80 *кг/мм²*.

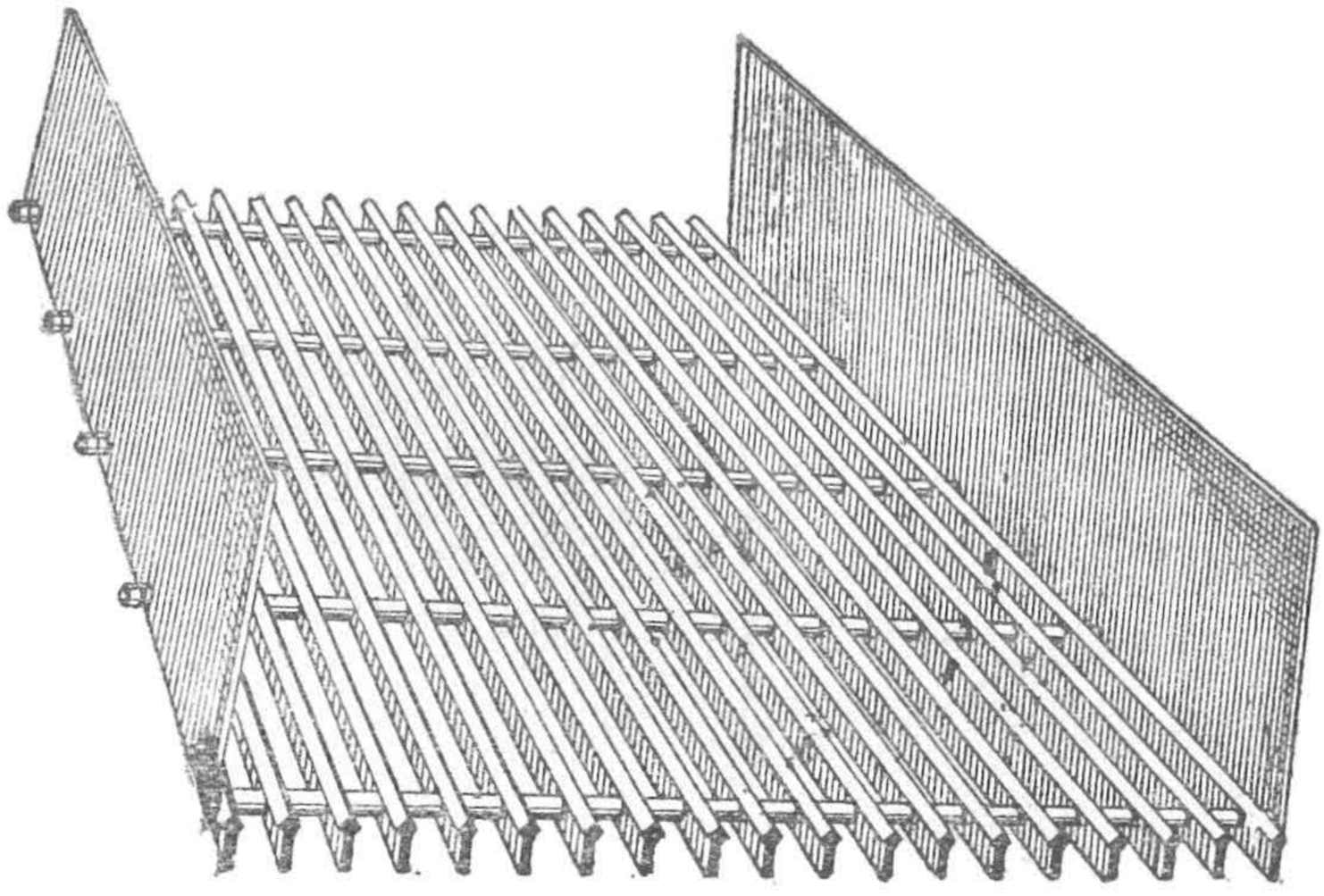


Рис. 74. Колосниковая решетка.

Колосниковые сита изготовляются с качающимися или с вращающимися колосниками. Этот тип сит большого распространения в промышленности строительных материалов не имеет, а потому и останавливаться на нем не будем.

Аппараты с проволочными и листовыми ситами по принципу их движения могут быть разбиты на две основных группы: на качающиеся и на вибрирующие.

Качающиеся сита. Всем качающимся ситам движение от механизма передается кинематическим путем; при этом направление движения сита происходит или в плоскости самого сита, или под острым углом к ней, что и заставляет перемещаться поступающий на сито материал.

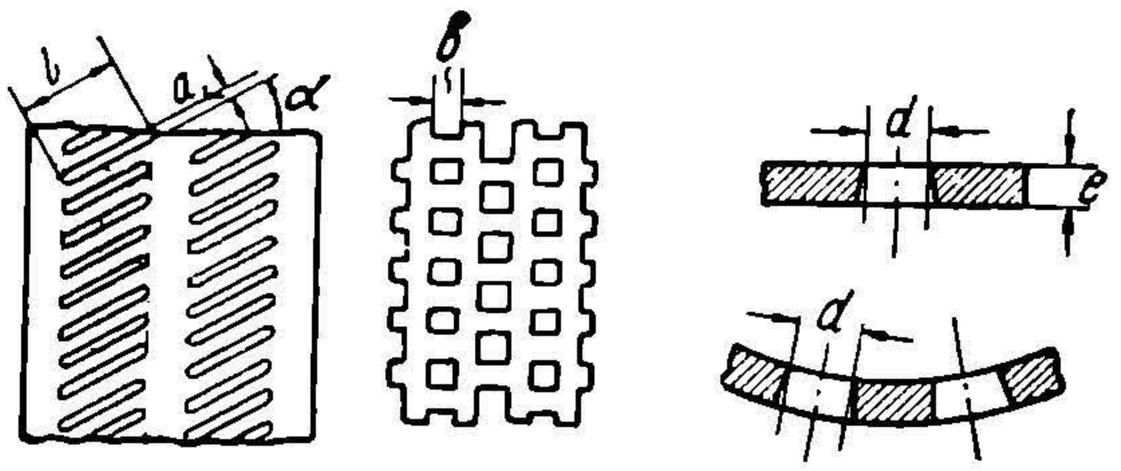


Рис. 75. Форма отверстий листовых сит.

По способу работы различают три типа этих сит:

1) Горизонтально установленный жолоб на поддерживающих стержнях. Схематическое изображение такого сита представлено на рис. 76, *а*.

2) Горизонтально установленный жолоб на поддерживающих роликах. Схематический вид его представлен на рис. 76, *б*. Способ укрепления ролика изображен на рис. 77.

Способы работы этих сит основаны на тех же принципах, которые были описаны в гл. II, § 3, п. 8 «Транспортеры с колебательным движением»,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3) Наклонно установленный жолоб на подвесных стержнях. Схематическое изображение этого типа сита дано на рис. 76, *в*, из которого не трудно понять способ его работы.

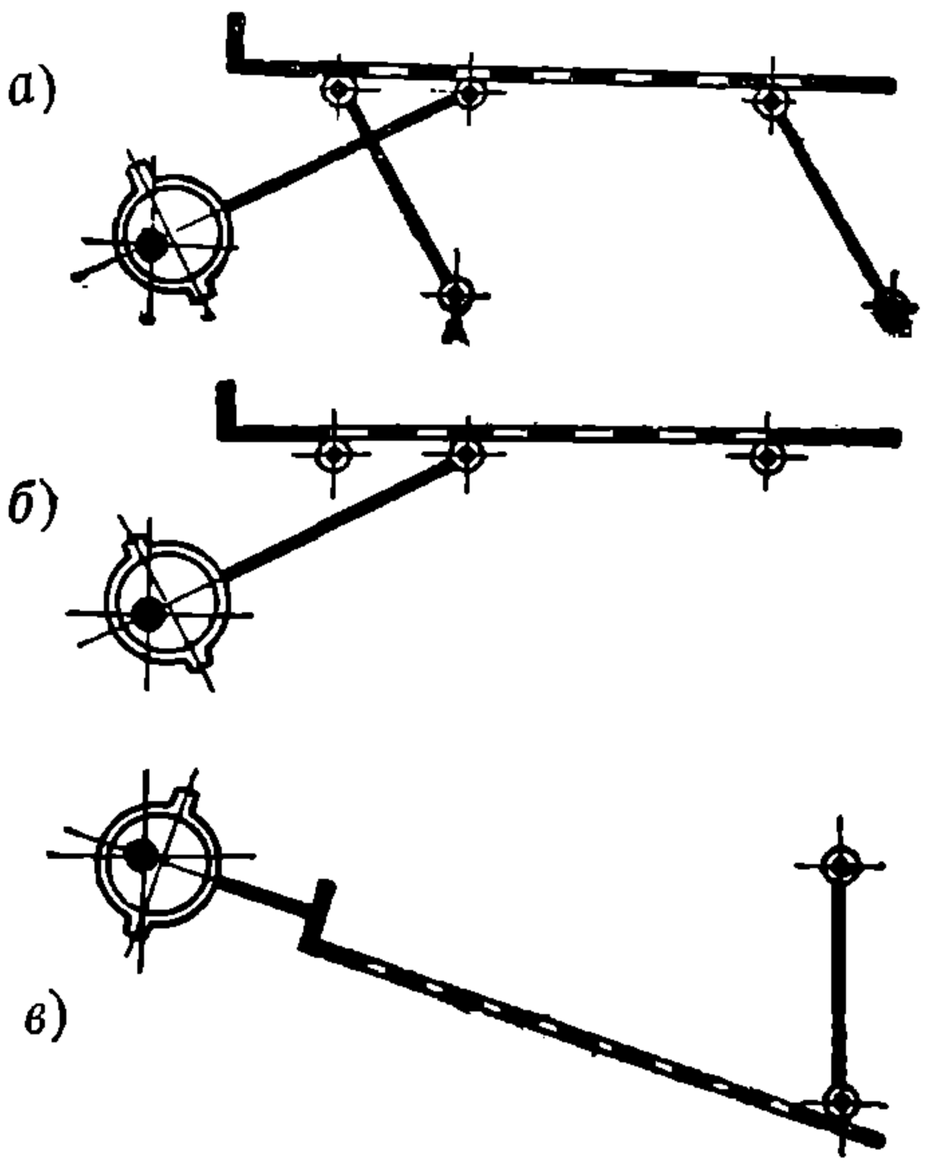


Рис. 76. Разные способы установки сит.

Наклонно установленные качающиеся желоба в настоящее время начинают получать все большее и большее распространение вследствие усовершенствования их конструкции. К числу наиболее известных и особенно распространенных в США при сортировке гравия, песка и др. относятся сита систем: Гурона (Huron), Джерекса (Gyrex), Аллис-Чамерс (Allis-Chalmers), Ниагара (Niagara) и др.

На рис. 78 показано сито системы Гурона, состоящее из станины *1*, на которой укреплен эксцентриковый вал *2*, помещенный приблизительно в центре тяжести подвижной рамы *3* сита. Рама подвешена на стержнях *4*, укрепленных на листовых рессорах *5*. Для предупреждения провисания сетки последняя прикреплена к раме планками *6*.

В целях лучшего распределения поступающего материала по всей поверхности сита на средней и боковых планках укрепляются угольники *7*.

Сита изготовляются размерами 0,9 × 1,8; 1,2 × 2,4 и 1,5 × 3,0 *м* с отверстиями сит от 6 до 100 *мм*. При наклоне сит 25° и эксцентриситете около 5 *мм* заводом рекомендуется число оборотов вала в пределах от 600 до 850 *об/мин*.

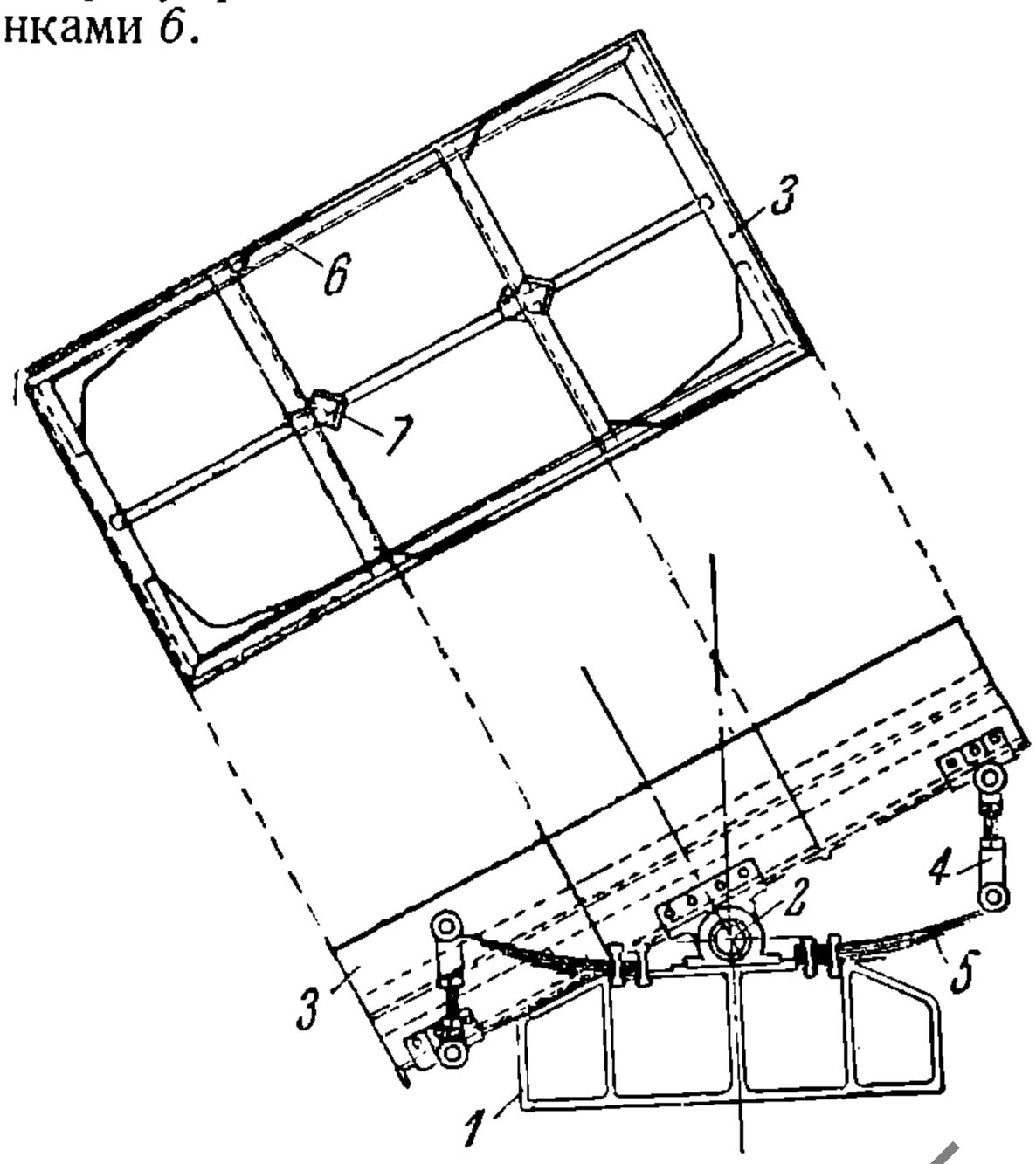


Рис. 78. Качающееся сито.

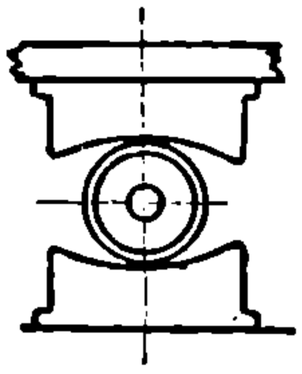


Рис. 77. Способ укрепления ролика.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Потребная мощность колеблется в пределах от 3 до 5 *ЛС*.

Вибрирующие сита. В отличие от рассмотренных ранее качающихся сит в вибрирующих ситах движение сита вызывается непосредственным

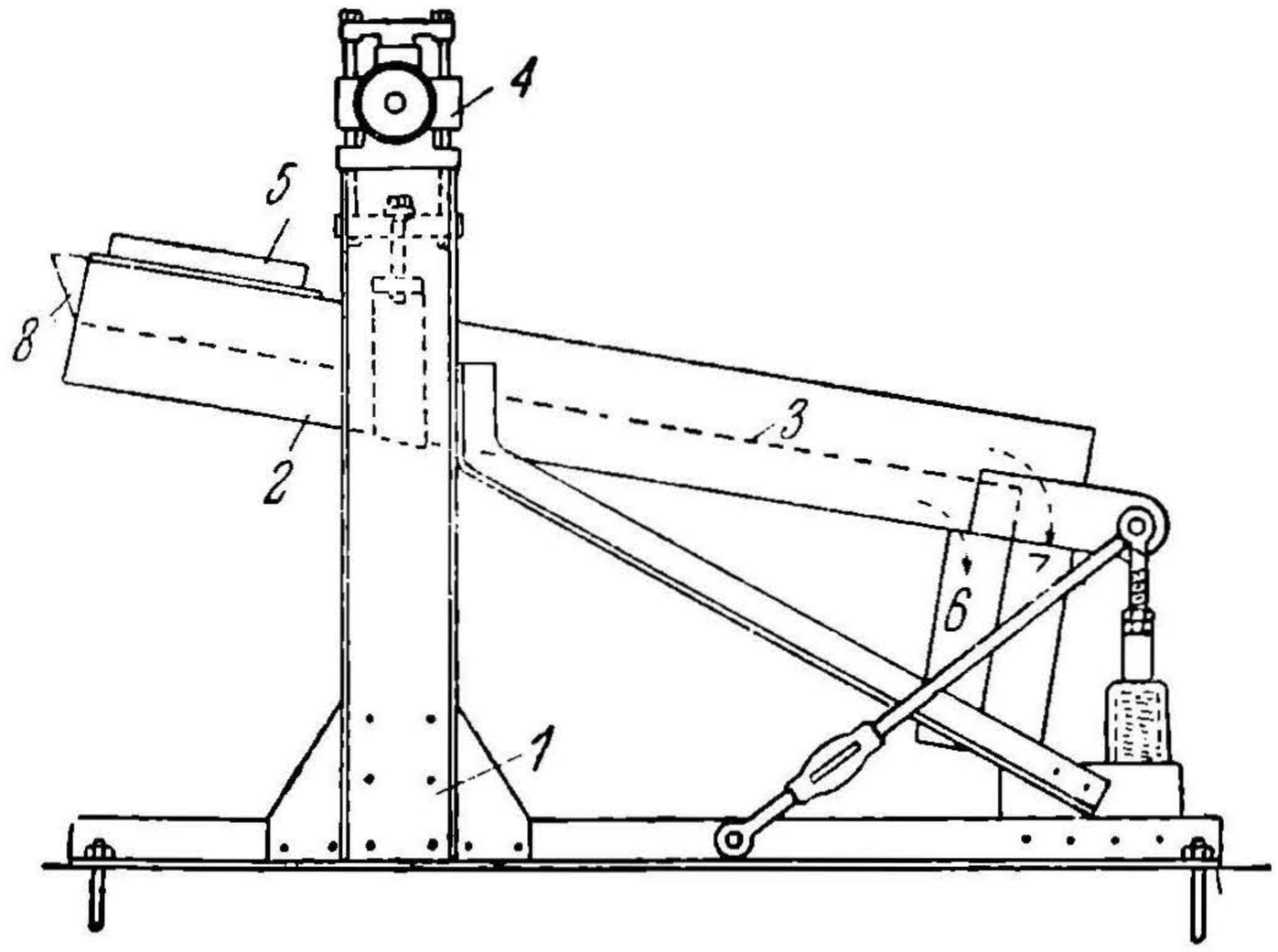


Рис. 79а. Вибрирующее сито.

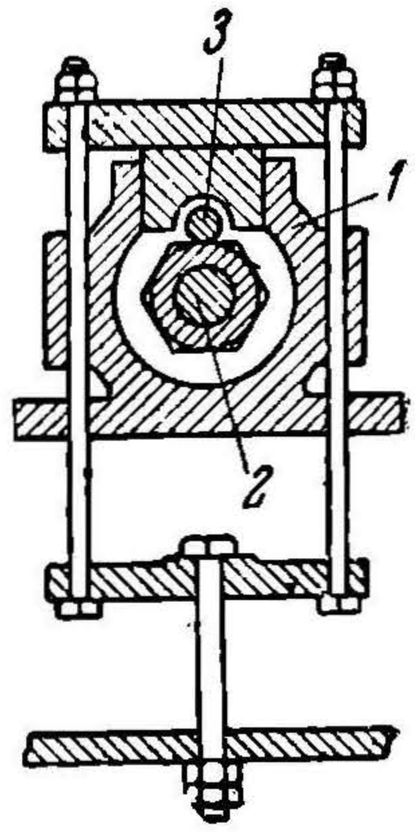


Рис. 79б. Вибратор.

воздействием на него механизма (динамически) или электромагнита, и направление движения сита почти или точно перпендикулярно к его плоскости. Для перемещения материала на сите последнее должно устанавливаться под определенным углом к горизонту: равномерное же распределение материала по всей поверхности достигается установкой питательного приспособления. Вибрирующие сита разделяются на механические и электрические.

1) Механическое сито. На рис. 79а изображено механическое вибрирующее сито системы Кэм-Тейп (Kam-Tap), состоящее из станины *1*, на которой установлена рама *2* с укрепленной на ней сеткой *3*. Для передачи движения ситу на верхней части рамы установлен вибратор *4*, соединяющийся с ситом. Материал поступает в приемную воронку *5*

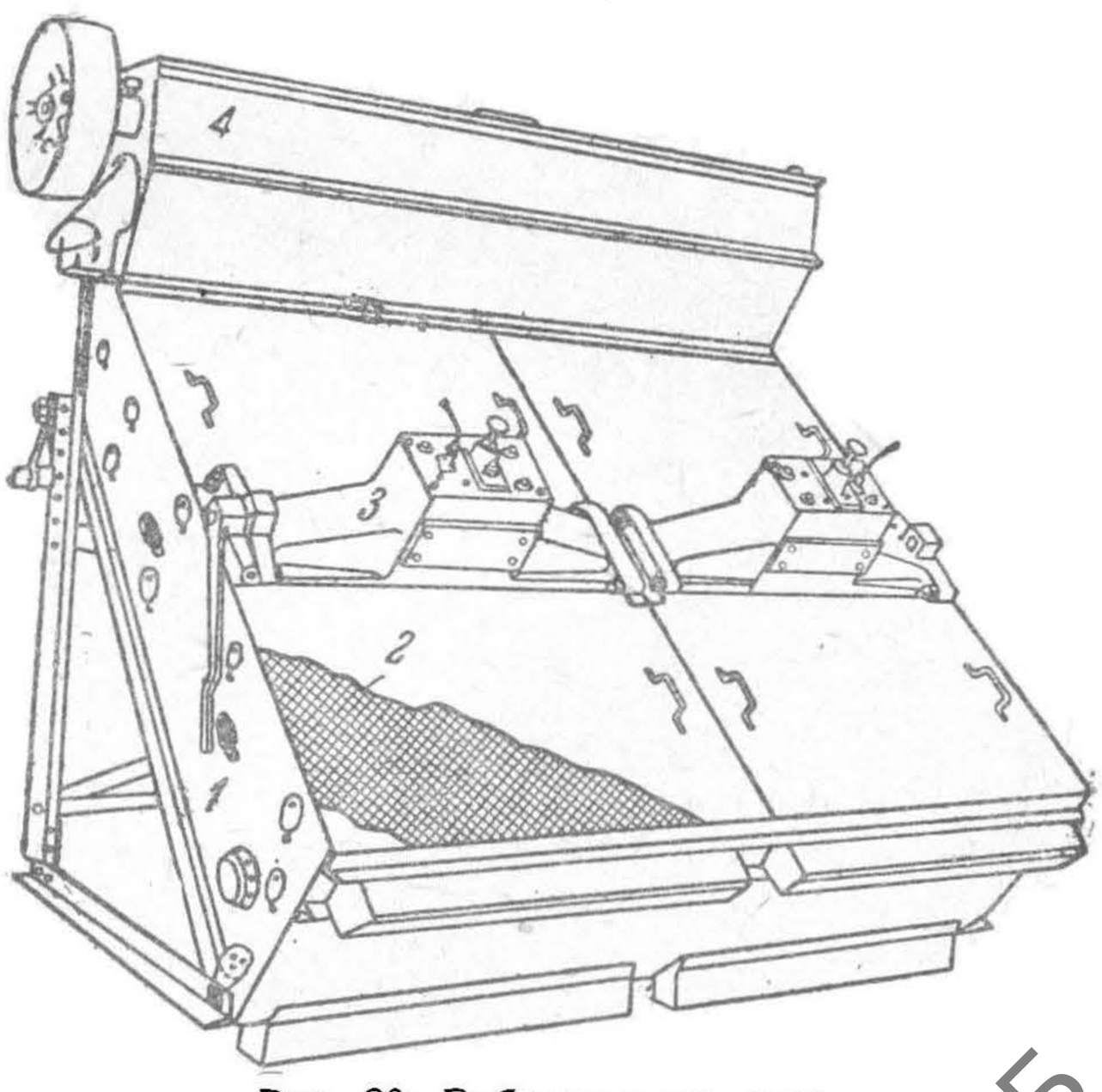


Рис. 80. Вибрирующее сито.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

и, передвигаясь по наклонному ситу, выходит в рукава *6* и *7*. Для смены сита в конце рамы предусмотрен люк *8*.

Рис. 79б изображает вибратор, состоящий из подшипника *1*, в котором движется вал *2* с большой скоростью. Вал передает движение ролику *3*, в свою очередь передающему через систему подвесок движение ситу.

2) Электрическое сито. Работа электрического сита основана на действии электромагнита, через который пропускается переменный ток: электромагнит под влиянием тока попеременно притягивает и отталкивает сетку. Устанавливается обыкновенно такое сито наклонно и снабжается питателем.

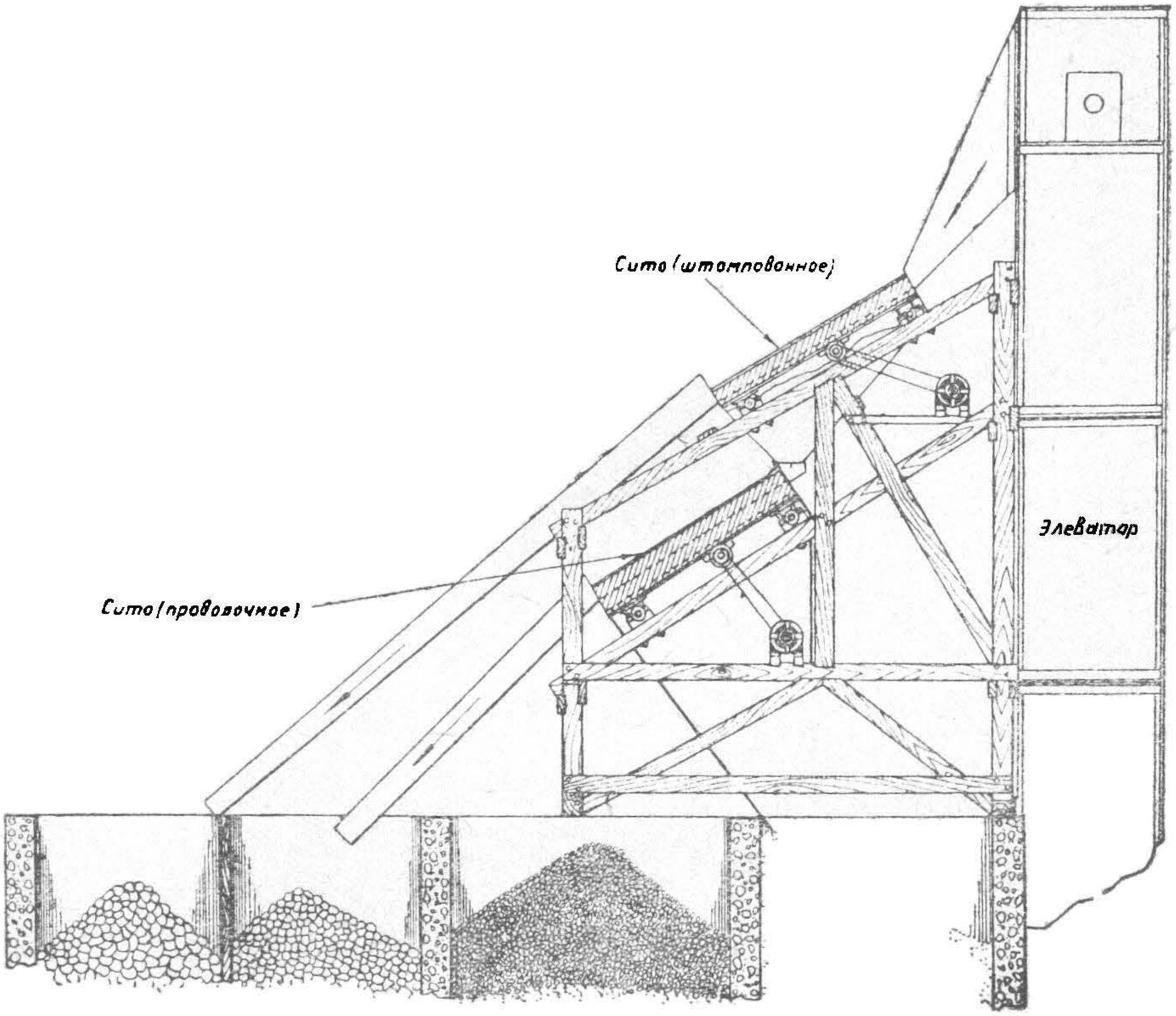


Рис. 81. Схема расположения плоских сит для получения нескольких сортов материала.

На рис. 80 изображено сито Хуммера (Hummer — жужжатель), состоящее из рамы *1*, на которой установлены сита *2*. На раме укреплены два электромагнита *3*, служащие для приведения в движение сеток. В верхней части установлен питательный шнек *4*.

Электрические вибрирующие сита за последнее время за границей и у нас получили большое распространение в виду их большой производительности, компактности и отсутствия наружных движущихся частей.

Такие сита бывают шириной от 0,9 до 1,2 *м* и длиной от 1,5 до 2,1 *м*. Угол наклона сит колеблется в пределах от 20 до 30°. С увеличением угла наклона производительность сит увеличивается, но степень точности сор-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

тировки уменьшается. Для приведения в движение сит требуется электродвигатель мощностью от 1 до 1,5 *ЛС*.

Производительность аппарата зависит от величины отверстий сит, угла наклона, частоты колебаний и от степени влажности материала. Так, например, при размерах сита 0,9 × 1,5 *м*, при величине отверстий 18 *мм*, с углом наклона 30°, при числе вибраций в минуту — 1800, при влажности до 2% — производительность сита составляла свыше 35 *т/час*, а при замене ситами с отверстием в 1 *мм* производительность упала до 1 *т/час*.

К наиболее изнашивающимся частям вибрируемого сита относится его просеивающая поверхность, причем более толстая проволока сита скорее изнашивается в местах своего прикрепления к раме. Объяснить это можно тем, что в тонких проволоках напряжение при изгибе получается меньшим по сравнению с толстыми.

Способы установки плоских сит на производстве разнообразны.

Для получения нескольких сортов материала, например дробленого камня, можно рекомендовать расположение плоских сит, указанное на рис. 81.

Характеристика плоских сит приведена в табл. 46 и 47.

Таблица 46

Данные для плоских качающихся сит

Размер рамы *мм*			Производительность *т/час*	Число оборотов вала в минуту	Потребная мощность *ЛС*	Вес *т*
ширина	длина	высота				
250	375	60	0,5— 5,0	250	0,25	0,065
500	750	120	1,0—10,0	250	0,50	0,130
750	1 125	180	1,5—15,0	250	1,00	0,200
1 000	1 500	240	2,0—20,0	250	1,50	0,350
1 250	1 875	300	2,5—25,0	250	2,00	0,580

Таблица 47

Данные для плоских вибрирующих сит

Размер сита *мм*		Производительность *т/час*	Число оборотов вала в минуту	Потребная мощность *ЛС*	Вес *т*
ширина	длина				
1 500	1 000	1,0— 6,0	180	0,25	1,0
2 000	1 500	1,5— 9,0	180	0,25	1,2
2 500	2 000	2,0—12,0	180	0,50	1,6
3 000	2 500	2,5—15,0	180	0,50	2,5

Барабанные сита. Барабанные сита бывают с неподвижными и подвижными сетками.

Из аппаратов с неподвижным ситом наибольшей известностью пользуется аппарат, носящий название т р и к с ы.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

На рис. 82 показано устройство аппарата, служащего для просеивания густых жидкостей, как например шламма, шликера и т. п.

Аппарат состоит из кожуха, внутри которого установлен вертикальный вал. К валу вверху прикреплены рукава, а внизу шестерня, служащая для приведения вала в движение. Внутри кожуха параллельно оси вала устанавливается сито *c* и, кроме того, кожух снабжается приемной воронкой (вверху) и двумя выпускными воронками *e* и *f*. Материал, который необходимо освободить от крупных частей, поступает через верхнюю воронку в аппарат и, при вращении вала под действием центробежной силы, выбрасывается рукавами на сито.

Прошедший сквозь установленное сито материал направляется через воронку *e* для дальнейшей обработки, а не прошедшие сита крупные частицы удаляются по рукаву *f*.

Различают четыре вида подвижных барабанных сит по их форме: 1) цилиндрические, 2) формы усеченного конуса, 3) призматические и 4) формы усеченной пирамиды.

Для сортировки крупных строительных материалов — гравия, дробленого гранитного или кирпичного щебня и т. п. — часто применяются цилиндрические и конические сита. Для сортировки тонкоизмельченных материалов — шамота, глины и др. — применяются призматические и пирамидальные сита, называемые многогранными; по принципу работы многогранные сита не отличаются от цилиндрических или конических сит, но состоят из отдельных рамок с натянутыми на них сетками.

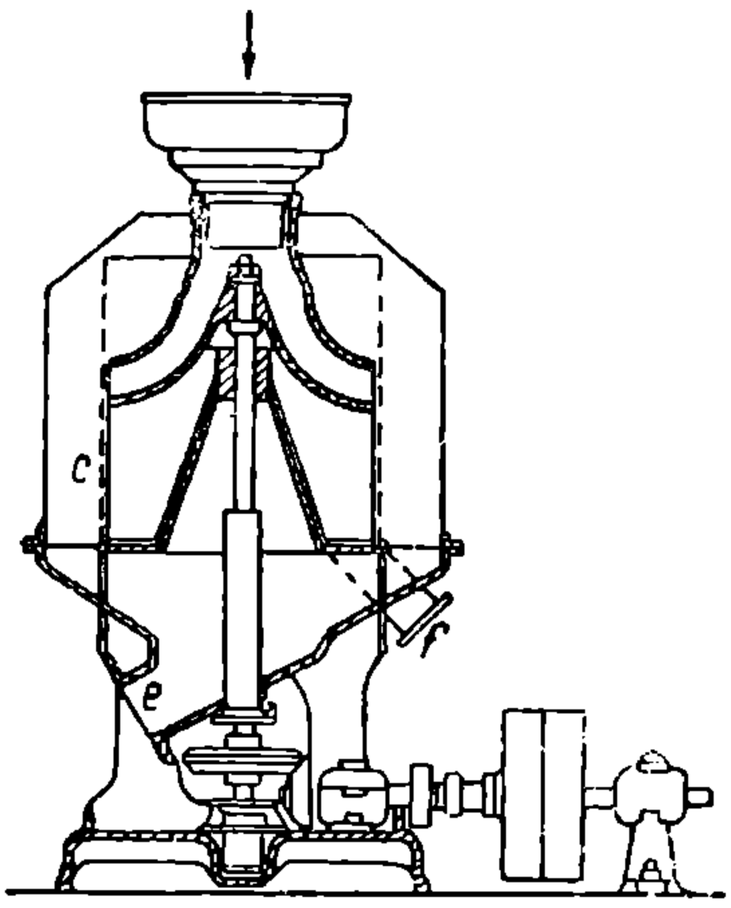


Рис. 82. Аппарат с неподвижными ситами «Трикс».

1) Цилиндрические сита. Этот тип сит состоит из полого цилиндра, изготовленного из листового металла или из проволочной сетки, снабженного достаточным количеством отверстий, через которые проваливаются куски определенных размеров поступающего внутрь материала.

Ось цилиндрического барабана обыкновенно располагается наклонно к горизонту, под углом от 5 до 7°.

По конструкции различают барабаны, опирающиеся спицами на центральный вал (осевой барабан), и барабаны, опирающиеся, посредством насаженных по окружности цилиндра бандажей, на свободно вращающиеся ролики (роликовый барабан).

Независимо от конструкции опоры барабана привод его устраивается через зубчатую передачу.

Рис. 83 показывает схему расположения барабана: а) на центральном валу и б) на опорных роликах.

Для получения нескольких сортов материала сортировку его производят или последовательно в одном длинном барабане, начиная с самого мелкого сорта по размерам, или же применяется серия барабанов. В практике некоторых заводов имели место случаи применения барабанов, располагавшихся один в другом с последовательно увеличивающимся размером отверстий от наружного к внутреннему цилиндру. Такая кон-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

струкция оказалась неудовлетворительной, так как, во-первых, число оборотов у всех цилиндров одинаково, вследствие чего внутренняя поверхность цилиндра движется медленнее внешней, и получается несоответствие между цилиндрами в отношении их пропускной способности,

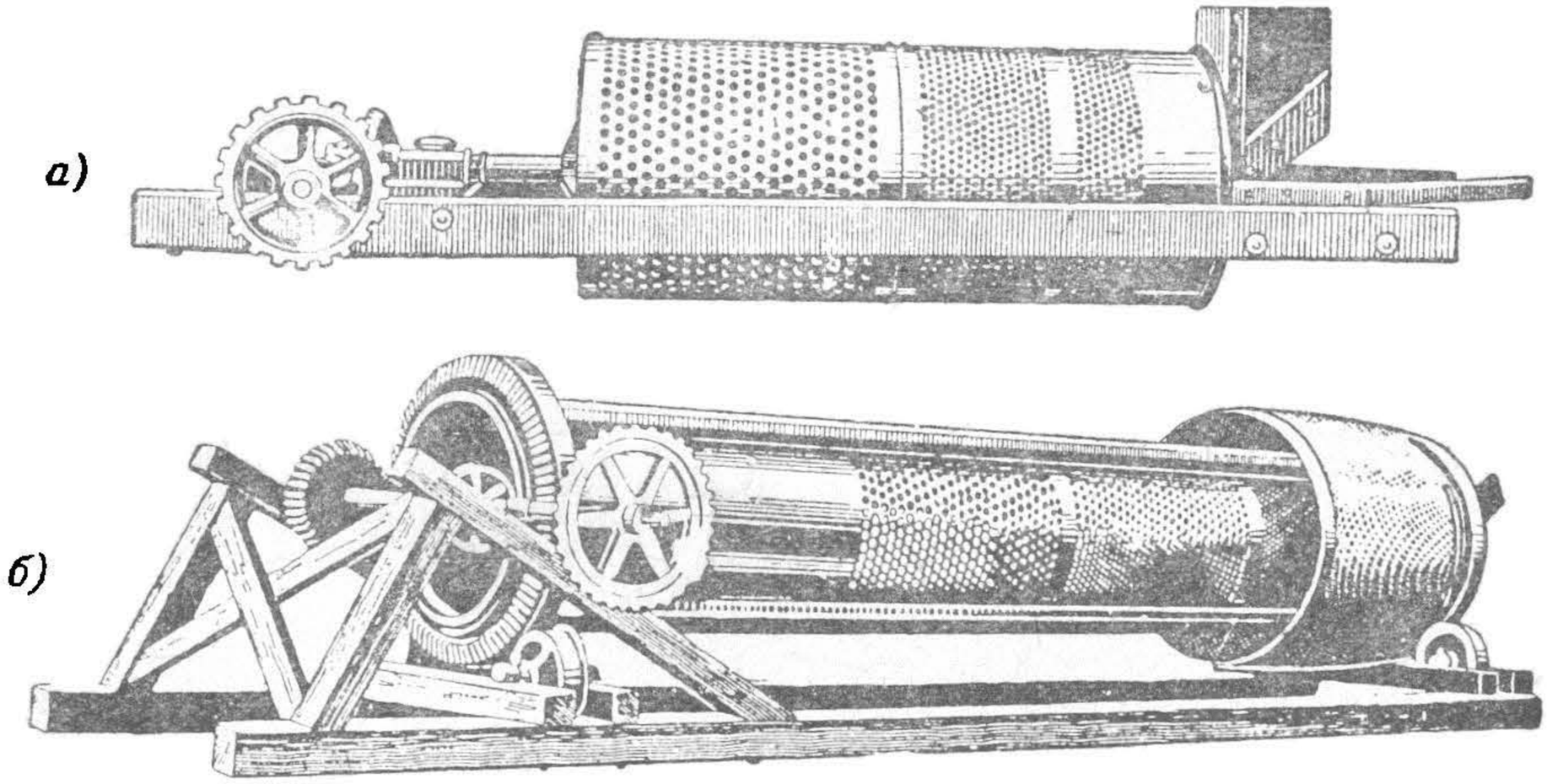


Рис. 83. Общий вид барабанных сит:
а) осевого; *б*) роликового.

и, во-вторых, производство ремонта какой-либо внутренней части связано с необходимостью разборки всего аппарата.

Для получения нескольких сортов, например гравия, можно рекомендовать расположение сит в том порядке, как указано на рис. 84.

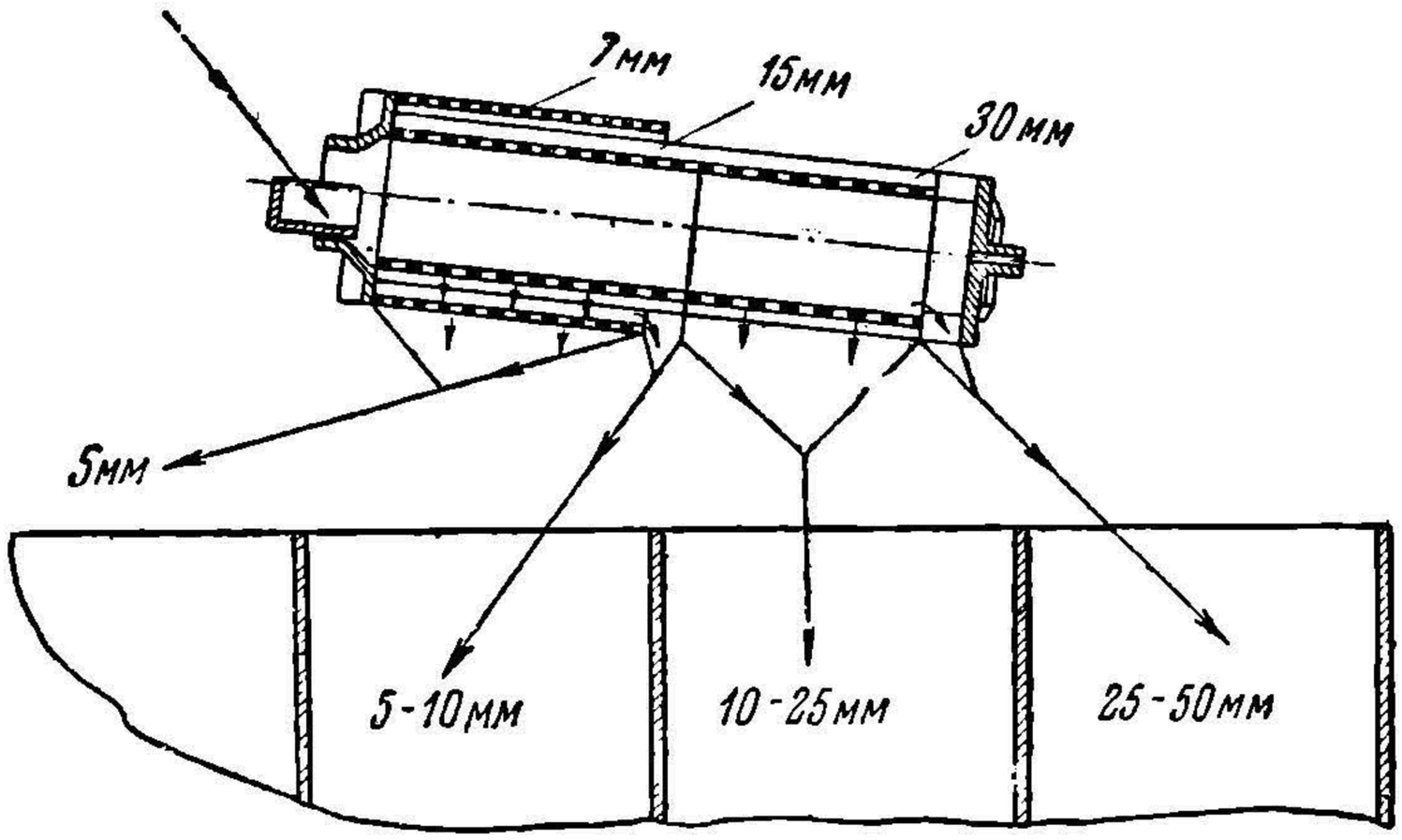


Рис. 84. Схема расположения цилиндрического сита для получения нескольких сортов материала.

По размерам барабаны изготовляются: цилиндрические — диаметром от 0,5 до 3,0 *м*, обычные же размеры от 0,8 до 1,6 *м* длиною от 0,9 до 15,0 *м*, а наиболее употребительные от 1,8 до 4,5 *м*; конические — диаметром от 0,7 до 1,8 *м*, при длине от 1,8 до 7,2 *м* и призматические — в поперечнике от 0,6 до 1,2 *м*, при длине от 1,8 до 4,5 *м*.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Соотношение между диаметром барабана и толщиной его стенок, по данным США, выражается следующими цифрами:

при диаметре			до 1,2	*м*	толщина	6	*мм*
„	„	от 1,2	„ 1,5	„	„	8	„
„	„	„ 1,5	„ 1,8	„	„	10	„
„	„	свыше 1,8		„	„	12	„

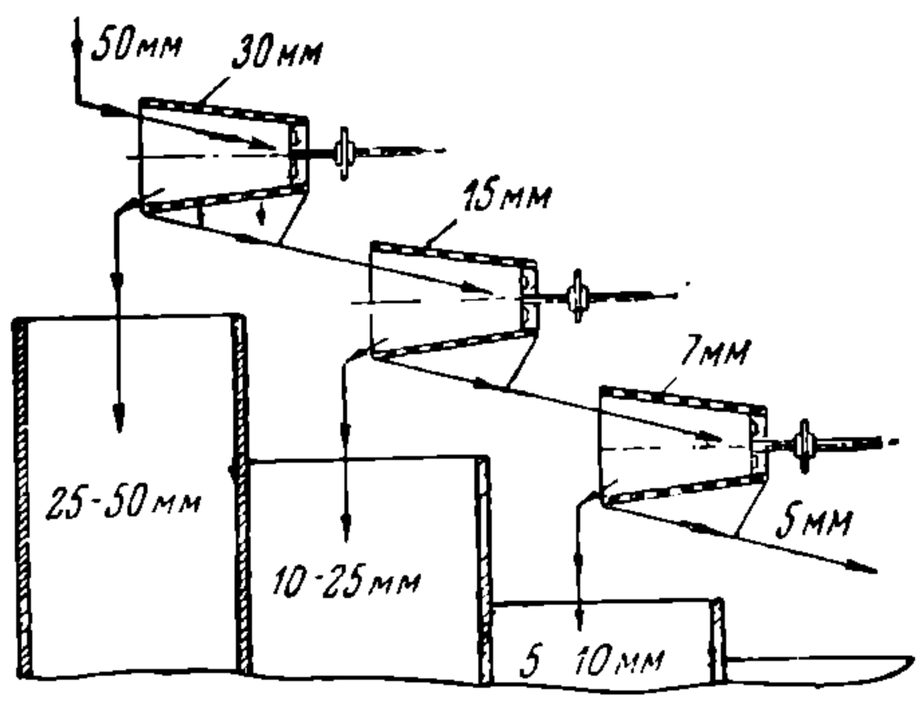


Рис. 85. Схема расположения конических сит без валов.

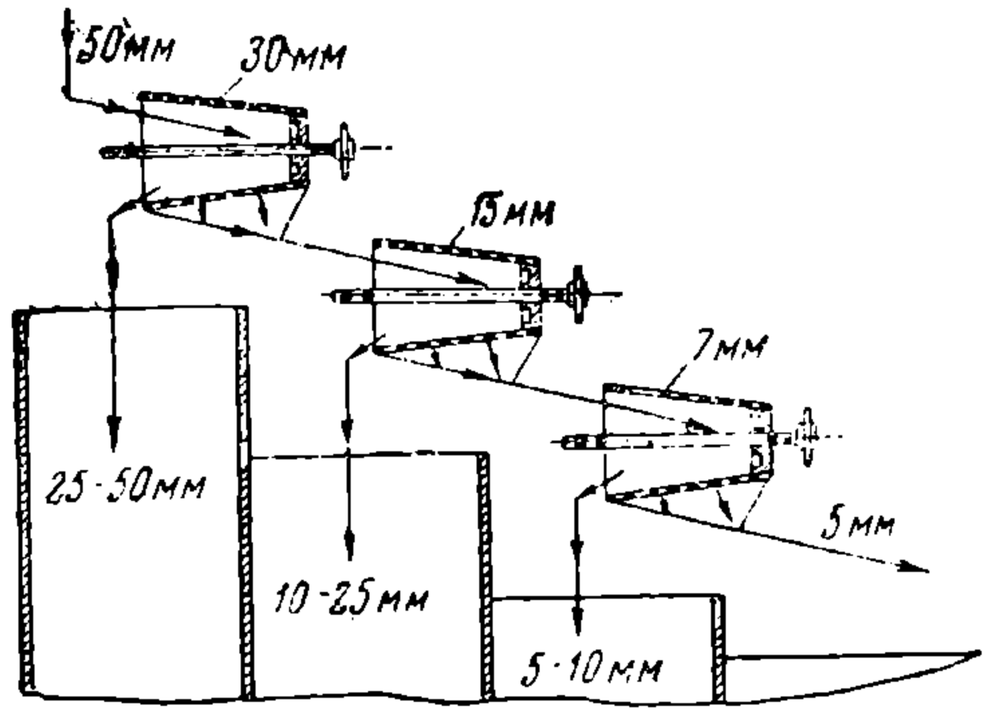


Рис. 86. Схема расположения конических сит с горизонтальными валами.

2) К о н и ч е с к и е с и т а. Конические сита отличаются от цилиндрических своей формой. Конические барабаны изготовляются с валом и без вала (последний тип, известный под названием барабана Джильберта, часто применяется при сортировке гравия вместе с его промывкой).

По способу установки конических сит различают таковые с горизонтальным расположением вала и наклоном сит и с наклонным расположением вала и горизонтальным положением одной образующей сит.

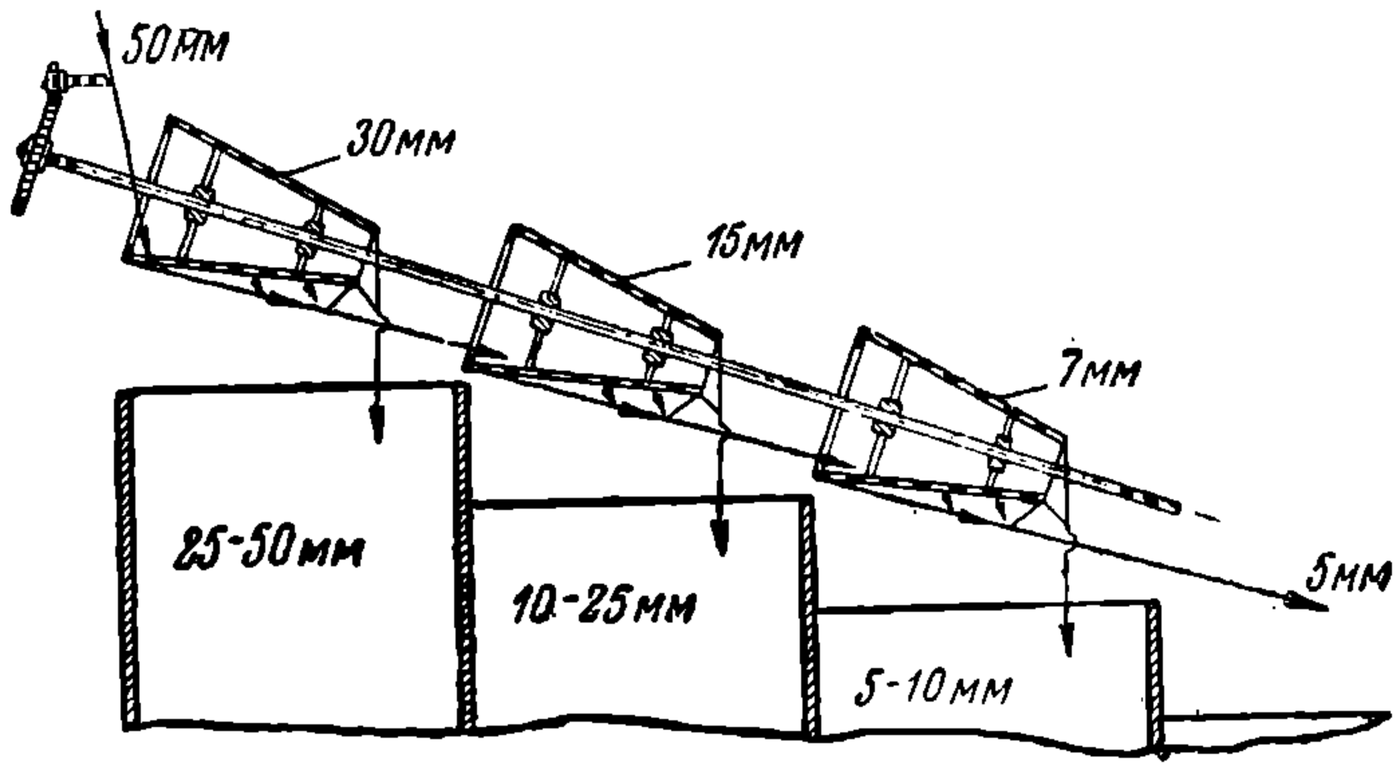


Рис. 87. Схема расположения конических сит с наклонным валом.

Рис. 85 изображает способ установки конических сит без валов; рис. 86 изображает способ расположения конических сит с горизонтальными валами и, наконец, рис. 87 показывает установку сит с общим наклонным валом.

Преимущество конического барабана перед цилиндрическим состоит в том, что благодаря горизонтально расположенной его оси поверхность

НБ УДУНТ (ДІІТ)

барабана образует наклонную линию, по которой может быстрее разгружаться материал.

3) Призматические сита в большинстве случаев бывают шестигранные, реже восьмигранные. В отличие от сита круглой формы в многогранном сите при просеивании материала наблюдается не только скольжение его по стенкам сита, но и падение при вращении барабана. Благодаря этому процесс просеивания у них происходит лучше. Для крупных кусков материала многогранные барабаны не применяются, в виду недостаточной прочности и долговечности плоских сит, вставленных в рамки.

4) Пирамидальные сита, как и призматические, преимущественно изготовляются шестигранными, иногда восьмигранными.

Сказанное ранее в отношении конических и призматических сит в равной мере относится и к этому типу.

Характеристика барабанных сит приведена в табл. 48 и 49.

Таблица 48

Данные для цилиндрических сит

Размер цилиндра *мм*		Поверхность сита $м^2$	Производительность *т/час*	Число оборотов барабана в минуту	Потребная мощность *ЛС*	Вес *т*
диаметр	длина					
500	800	1,2	0,5— 5,0	48	0,5—1,0	0,25
625	1 000	2,0	1,5—15,0	38	1,0—1,5	0,42
800	1 250	3,0	3,0—20,0	30	1,5—2,0	0,68
1 000	1 600	5,0	5,0—50,0	24	2,0—2,5	1,02

Таблица 49

Данные для призматических сит

Размер призмы *мм*		Поверхность сита $м^2$	Производительность *т/час*	Число оборотов барабана в минуту	Потребная мощность *ЛС*	Вес *т*
диаметр	длина					
700	2 000	4	0,2—2,0	34	0,5—1,0	0,95
800	2 500	6	0,3—3,0	30	1,0—1,5	1,10
900	3 000	8	0,4—4,0	28	1,5—2,0	1,25
1 000	3 500	10	0,5—5,0	25	2,0—2,5	1,40

3. Производительность сит

На производительность плоских и барабанных сит влияют следующие факторы: размер отверстий в ситах, наклон образующей сита, степень влажности материала, количество загружаемого материала в единицу времени, размер сит (ширина или диаметр) и скорость движения.

С увеличением размера отверстий в ситах производительность их увеличивается.

НВ УДУНТ (ДІІТ)

Наклон плоского сита или образующей барабана уменьшает время прохождения загруженного материала, но излишнее увеличение наклона сита ухудшает качество сортировки.

Влажность материала, в пределах от 5 до 25%, уменьшает производительность сит. Сортировка материала с большим количеством воды увеличивает производительность аппарата.

Количество загружаемого материала необходимо регулировать в зависимости от размеров сита, так как при избыточном содержании материала ухудшается качество сортировки.

С увеличением ширины плоских сит производительность их увеличивается.

С увеличением диаметра барабана цилиндрического сита производительность его увеличивается, но зато уменьшается высота слоя материала, находящегося в нем; это улучшает качество сортировки, но удорожает стоимость барабана.

С увеличением скорости движения плоских сит производительность их увеличивается.

Увеличение скорости вращения барабана до известных пределов также повышает производительность его, однако скорость не должна увеличиваться до такого предела, когда материал под действием центробежной силы начинает удерживаться на стенках барабана. С увеличением диаметра барабана число оборотов его уменьшается.

Из сказанного следует, что определение производительности сортировочного аппарата чрезвычайно затруднительно, и обычно ограничиваются подсчетом так называемой пропускной способности его, которая может быть определена для плоских и барабанных сит различно.

Для плоского качающегося сита этот подсчет может быть произведен по известной уже нам формуле для транспортеров с колебательным движением, т. е.

$$Q = 3600 \quad B \quad h \quad v \quad \gamma \quad \mu.$$

Для барабанного сита подсчет производится по следующей формуле:

$$Q = 503 \cdot h \cdot \sqrt{h \cdot (2R - h)} \cdot R \cdot n \cdot \operatorname{tg} 2\alpha \cdot \gamma \cdot \mu.$$

Потребная мощность для двигателя плоского качающегося сита может быть подсчитана по следующей формуле:

$$N = \frac{Gr_1^2 \cdot n^3}{405000\eta} + \frac{f \cdot Q \cdot L}{405\eta}.$$

Потребная мощность для двигателя барабанного сита с валом, укрепленным по середине, подсчитывается по следующей формуле:

$$N = \frac{[f_1 \cdot r_2 (G + G_1) + 2 \cdot f \cdot G_1 \cdot R] \cdot n}{716{,}2\eta}.$$

Пример. Определить производительность плоского сита длиной 4 *м*, шириной 90 *см*, при высоте слоя материала 5 *см*, при скорости движения 0,15 *м/сек*, при насыпном весе 2500 *кг/м*^{3}, при коэфициенте разрыхления 0,5 0,6 = 0,3, при коэфициенте трения 0,3, при весе поступательно движущихся масс 400 *кг*, при радиусе кривошипного механизма 0,10 *м* и при числе оборотов механизма 60.

$$Q = 3600 \cdot B \quad h \cdot v \cdot \mu \cdot \gamma = 3600 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}05 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}3 \cdot 2{,}5 = 17{,}5 \ т/час.$$

НБ УДУНТ (ДІТ)

Пример. Определить потребную мощность двигателя для плоского сита по данным, приведенным в предыдущем примере:

$$N = \frac{400 \cdot 0{,}10^2 \cdot 60^3}{405\,000 \cdot 0{,}75} + \frac{0{,}3 \cdot 4 \cdot 18}{405 \cdot 0{,}75} = 2{,}80 + 0{,}07 = 2{,}87 \text{ } \textit{ЛС}.$$

Пример. Определить производительность барабанного сита длиной 2,0 *м*, диаметром 0,73 *м*, установленного под углом $\alpha = 5°$, делающего 10 *об/мин*, если высота слоя материала 0,05 *м*, при насыпном весе материала 1500 *кг/м*^{3}, при коэфициенте разрыхления 0,8. Остальные данные: $f = 0{,}4$; $f_1 = 0{,}1$; $r_2 = 3$ *см*; $G_1 = 250$ *кг*; $G = 750$ *кг*; $\operatorname{tg} 2\alpha = 0{,}18$; $Q = 503 \cdot 0{,}05 \sqrt{0{,}05 \cdot (2 \cdot 0{,}39 - 0{,}05) \cdot 0{,}39 \cdot 10 \cdot 0{,}18 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}5} = 3{,}8$ *т/час*.

Пример. Определить потребную мощность двигателя для барабанного сита по данным предыдущего примера:

$$N = \frac{[0{,}1 \cdot 0{,}03 \cdot (250 + 750) + 2 \cdot 0{,}4 \cdot 250 \cdot 0{,}39] \cdot 10}{716{,}2 \cdot 0{,}75} = 1{,}9 \text{ } \textit{ЛС}.$$

4. Сравнение плоских и барабанных сит.

Преимущества барабанных сит перед плоскими состоят в следующем: 1) путь, проходимый материалом в барабанных ситах, длиннее, чем у плоских сит, у которых он равен длине сита; этим достигается более совершенная сортировка материала; 2) срок службы барабанных сит более длительный по сравнению с плоскими, что объясняется небольшой скоростью движения и отсутствием толчков у барабанов.

Из недостатков барабанных сит следует отметить: 1) значительную громоздкость, усложняющую установку их на производстве; 2) большой расход материала, потребного на их изготовление; 3) затруднения при изготовлении барабанов в виду изогнутой формы, особенно у конических сит; 4) затруднения при установке сит из-за необходимости соблюдения наклонного положения оси барабана; 5) большой расход энергии, 6) возможность крошения материала; 7) значительное пылеобразование при работе на полусухих материалах (до 6—7% влажности).

Из этого сопоставления не трудно видеть, что плоские сита обладают значительными преимуществами перед барабанными.

§ 3. Гидравлическая сортировка

1. Способы сортировки

Гидравлическая сортировка материалов по крупности основана на разных скоростях падения зерен различной величины в текущей струе воды. И действительно, если взять некоторое количество смеси песка и гравия и бросить ее в спокойную воду, то не трудно заметить, что частицы тем скорее опустятся на дно, чем они крупнее. Если же взять просеянный через какие-либо два сита песок и через те же сита пропустить небольшое количество дроби и затем, смешав песок с дробью, бросить эту смесь в воду, то, несмотря на одинаковые размеры зерен, дробины раньше опустятся на дно, нежели песчаные зерна.

В первом случае мы имели зерна разной величины, но одинакового удельного веса, и сопротивление, которое оказывала среда падению зерен,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

было значительно больше для зерен малого размера, вследствие чего и скорость падения последних была меньше.

Во втором случае сопротивление среды было одинаковым для падающих зерен, а потому песчаные зерна, как более легкие, падали с меньшей скоростью по сравнению со скоростью тяжелых дробин.

На описанных явлениях основывается гидравлическая сортировка и обогащение материалов.

Гидравлический способ сортировки материалов был известен давно и встречается в описаниях Агриколы; [1] научное же обоснование этому закону дал впервые в 60-х годах XIX в. немецкий ученый Риттингер (Rittinger). Выводы этого закона довольно сложны, и поэтому мы их не приводим. Окончательная формула, предложенная Риттингером, следующая:

$$v = 2{,}44D \cdot (\delta - 1),$$

где v — скорость падения зерен в *мм/сек*, D — диаметр зерен в миллиметрах, δ — удельный вес.

Дальнейшими исследованиями, которые были продолжены в 90-х годах ученым Ричардсом (Richards), было установлено, что закон, выведенный Риттингером, справедлив для зерен 1,5 *мм* и крупнее, для зерен же мельче 1,5 *мм* этот закон не применим.

По данным проф. Ричардса, закон падения мелких зерен выражается формулой Стокса (Stokes):

$$v = \frac{2}{9} \cdot g \cdot \frac{(\delta - \delta_0)}{k} R^2,$$

где

g — ускорение силы тяжести в *см/сек*^{2};
δ — удельный вес зерна;
δ_0 — то же жидкости;
k — коэфициент вязкости;
R — радиус зерна в сантиметрах.

Для воды при 20°:

$$\delta_0 = 1; \quad k = 0{,}01,$$

откуда

$$v = 54{,}5 \cdot (\delta - 1) \cdot D^2.$$

Кроме Риттингера и Ричардса, вопросами гидравлической сортировки занимался ученый Мюнрое (Munroe), который на основании своих исследований вывел зависимость между размерами зерен и скоростью их падения в воде при удельном весе 2,6; этот вес можно считать средней величиной для материалов, применяемых в строительной промышленности. Эта зависимость представлена в табл. 50.

Таблица 50

D *мм*	Скорость падения *мм/сек*
0,833	99,0
0,589	71,0
0,417	50,8
0,295	35,5
0,208	25,4
0,147	16,8
0,147	10,4
0,040	6,4

[1] Псевдоним германского ученого Г. Бауэра (1490—1555 гг.).

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Кроме размеров зерен и удельного веса на скорость падения их в воде влияют: форма зерен, их количество, пористость, температура воды и в некоторых случаях магнетизм.

2. Гидравлические сепараторы

Гидравлические сепараторы применяются в различных отраслях промышленности и отличаются чрезвычайным разнообразием конструкций, в зависимости от целей, для которых они предназначены. [1] Не останавливаясь на всех существующих типах сепараторов, дадим описание некоторых гидравлических сепараторов, наиболее часто встречающихся в промышленности строительных материалов.

Рис. 88 изображает сепаратор системы А л л э н а (Allen), служащий для сортировки материалов (песка, кварца и др.). Схема работы сепаратора заключается в следующем. В расположенную в верхней части аппарата трубу *1* подается материал вместе с водою, который перегородкой *2* распределяется по конусу *3*. В конусе происходит осаждение материала на дно, а вода свободно сливается через край *4* по жолобу *5*. Когда осевший материал наполнит конус и закроет выход из внутреннего конуса *6*, прибывающая вода надавит на поплавок *7*, который в связи с этим приподнимется. При подъеме поплавка под действием рычагов *8*, *9* шар *10* опустится и откроет отверстие в нижней части конуса, служащее для удаления из него материала. Для регулирования сопротивления поплавка

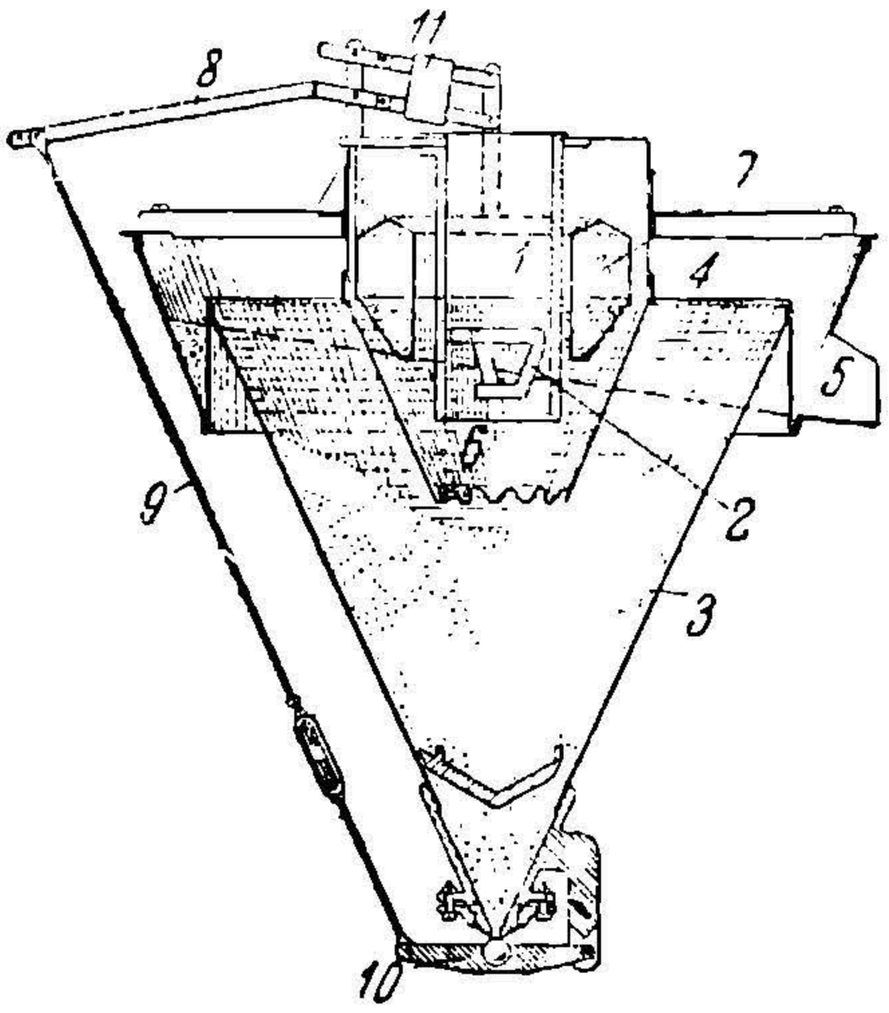


Рис. 88. Гидравлический сепаратор.

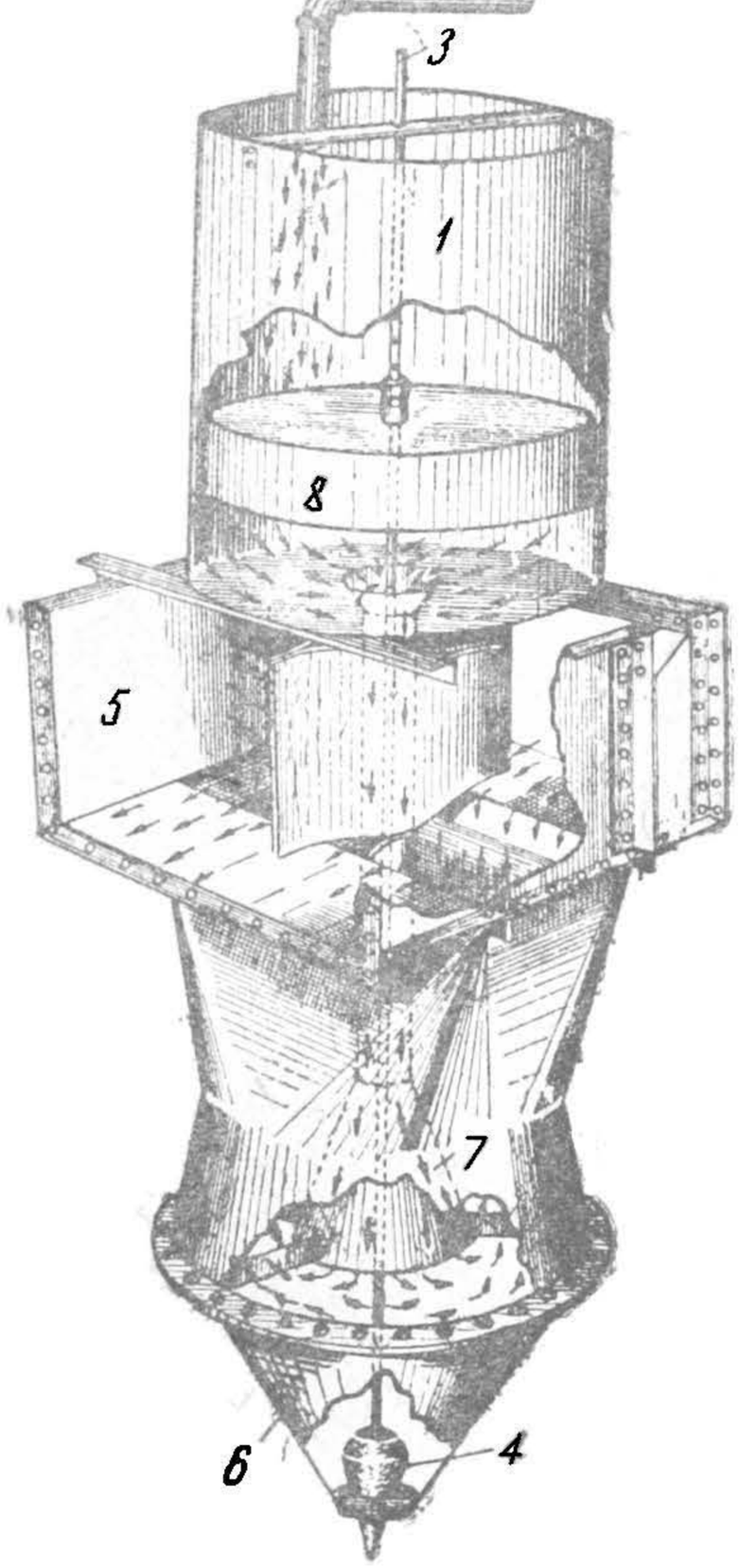


Рис. 89. Гидравлический сепаратор.

[1] См. Н. П. В а г а н о в, Преимущества размола замкнутым циклом. Журнал «Строительные материалы», № 3, 1930.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

водяному давлению служит груз *11*. Для простой промывки материала употребляется один конус, для сортировки необходимо применять два и больше конусов.

Другой аппарат, служащий для сортировки различных материалов, известен под названием с е п а р а т о р а системы Ш о у [1] и изображен на рис. 89. Этот аппарат является более совершенным по сравнению с аппаратом системы Аллэн.

Действие его заключается в следующем. В верхнюю цилиндрическую часть сепаратора *1* по трубопроводу *2* поступает чистая вода; металлический прут *3* с резиновым клапаном *4* закрывает последним отверстие, служащее для выпуска материала из аппаратов. В это же время в прямоугольную камеру *5* поступает загрязненный материал и спускается в нижнюю коническую часть *6* сепаратора, в которой под действием чистой воды, притекающей через трубу *7*, происходит промывка материала и оседание его; примеси же вместе с загрязненной водой поднимаются кверху и по жолобу идут дальше.

По мере накопления материала уровень воды в аппарате поднимается, поплавок *8* всплывает кверху вместе с клапаном, и скопившийся материал выбрасывается из сепаратора. Дальше все операции повторяются снова.

С е п а р а т о р У и л ь ф л е я (Wilfley). Для обработки песков и илов часто применяют сепараторы Уильфлея, появившиеся впервые в США в 1895 г. Сепаратор Уильфлея, изображенный на рис. 90, представляет собою стол, поверхность которого (рифленая) покрыта линолеумом. Нарифления делаются путем простой набивки деревянных реек, параллельных направлению движения; стол слегка наклонен (около 4%) вперед от питательного конца. Движение стола — быстрое вперед и медленное назад — осуществляется диференциальным приводом.

На столе Уильфлея материал подвергается тщательному разделению вследствие того, что смесь в промежутках между рейками стремится расслоиться, причем более легкие частицы проходят в следующее нижнее нарифление, а более тяжелые движутся вдоль нарифления.

Столы обычно изготовляются от 3,6 до 4,8 *м* длиной и от 1,5 до 2,1 *м* шириной и делают от 220 до 270 ходов в минуту; длина шага у них колеблется от 12 до 25 *мм*. Потребная мощность электродвигателя от 0,75 до 1,5 *ЛС*. Количество потребляемой воды, зависящее главным образом от размера обрабатываемого материала, составляет от 0,014 до 0,045 $м^3/мин$. Производительность сепараторов колеблется от 6 до 14 *т/час*.

Указанные сепараторы в настоящее время нашли применение в стекольной промышленности.

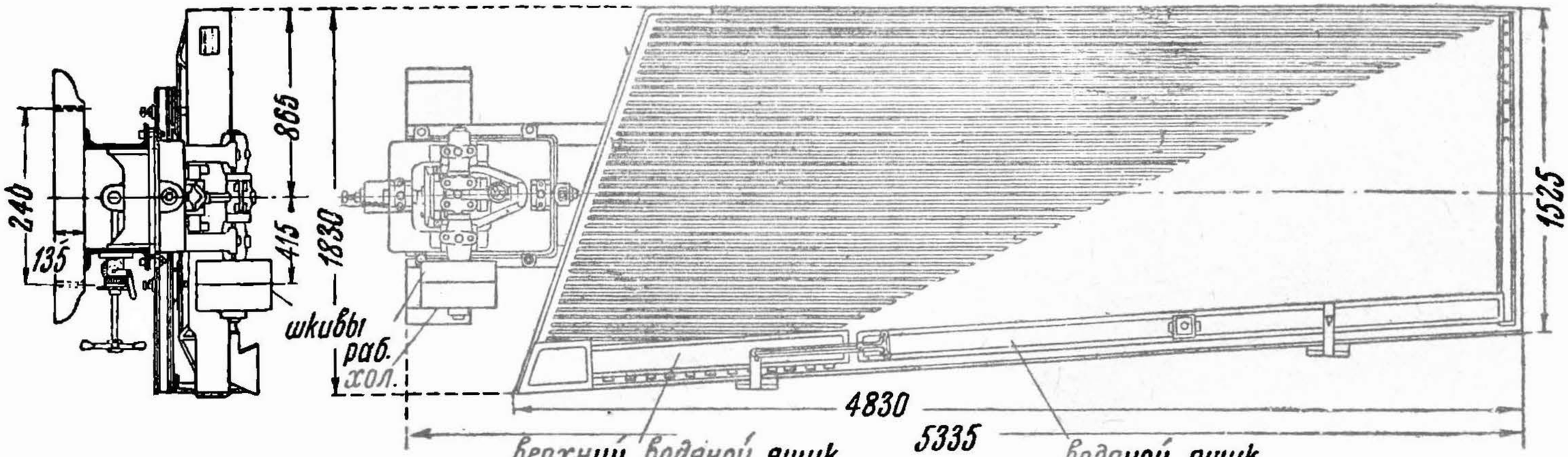
§ 4. Воздушная сортировка

1. Понятие о воздушной сортировке

Операция разделения материала по крупности посредством воздуха основана на различии в скоростях падения зерен разной величины в воздушной струе. Эту способность воздуха легко проверить, если произвести наблюдение за действием ветров, особенно в сухих и пустынных районах,

[1] Подробнее см. ст. Н. П. В а г а н о в а: Заводская обработка гравия и песка. «Строительные материалы», № 1, 1934.

НБ УДУНТ (ДІТ)



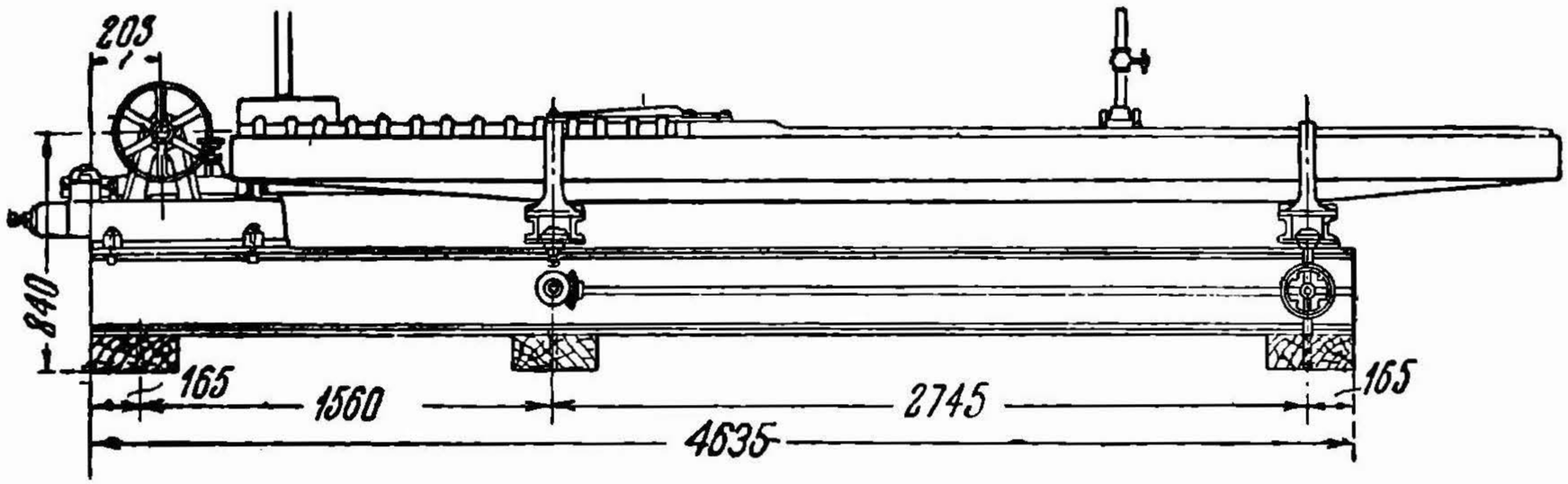


Рис. 90. Гидравлический сепаратор.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

которые выдувают из выветривающихся пород мелкий песок и пыль, оставляя на месте крупные частицы.

Точно так же сухая и рыхлая масса перерабатываемого материала, представляющая собою смесь частиц разной величины, под действием искусственно создаваемой воздушной струи может быть рассортирована по крупности: более крупные частицы останутся на месте, а остальные будут перенесены струей воздуха на различное расстояние.

Под действием силы тяжести, встречая при этом различное сопротивление воздуха, зерна неодинаковых размеров, двигаясь в воздухе по кривым, имеющим форму параболы, оседают в различных расстояниях от первоначальной точки движения: ближе осаждаются крупные зерна, дальше — мелкие, а тончайшая пыль выносится вместе с воздухом из области сортировки и может быть уловлена в камерах для пыли.

Воздушный способ сортировки материалов был известен давно и встречается в описаниях Д. Кардано, [1] научное же обоснование определения законов падения твердых частиц в движущемся воздухе было произведено французским ученым Тулэ (Thoulet), который, производя экспериментальные исследования по сортировке руд, измерил размер зерен кварца при удельном весе 2,6, увлекаемых струей воздуха определенной скорости, в вертикальной стеклянной трубке с внутренним диаметром 4,15 *мм*, длиною 650 *мм*. Результаты этих испытаний приведены в табл. 51а.

Таблица 51а

Испытания		1	2	3	4
Средний размер зерен	*мм*	0,141	0,267	0,292	0,377
Скорость воздуха	*м/сек*	1,51	2,25	2,67	5,40

Джиббсом [2] было изучено движение твердых частиц, из которых состоит дым и пыль. Результаты этих испытаний приведены в табл. 51б.

Таблица 51б

Испытания		1	2	3	4
Размер частиц . . .	*мм*	0,1	0,01	0,001	0,0001
Скорость движения частиц .	*см/сек*	30,0	0,3	0,003	0,00003

Как видно из табл. 51б, эти скорости для частиц, меньших 0,01 *мм*, практически равны нулю, и улавливание их возможно только химическим или электрическим путем.

Большая экспериментальная работа по изучению воздушной сортировки была произведена д-ром Джоффреем Мартином (Goffrey Martin), [3]

---

[1] Итальянский ученый (1501—1576 гг.).

[2] W. E. Gibbs, Aerosols in Industry, British Society of Chemical Industry, 1925.

[3] Transactions British Ceramic Society, Vol. XXVI, 1927.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

к которой мы и отсылаем лиц, интересующихся более подробно воздушной сортировкой. Здесь же отметим, что результаты, полученные д-ром Мартином, расходятся с результатами, которые получил Тулэ, что объясняется производством испытаний в разных условиях, так как Тулэ проводил опыты с трубками диаметром 4,15 *мм*, а Мартин применял трубки диаметром от 50 до 150 *мм*. Нужно сказать, что и тот и другой опыты далеки от производственных условий, при которых сепарация производится в аппаратах диаметром от 1,0 до 4,0 *м*; тем не менее, эти опыты могут служить отправными пунктами для дальнейшего теоретического изучения воздушной сепарации. Кроме того, в изысканиях ранее перечисленных авторов только частично затронуты некоторые из факторов, оказывающих влияние на процессы воздушной сепарации, и совсем не освещены вопросы, относящиеся к определению изменений подъемной силы воздуха при различных температурах или давлениях.

Известно, что определенный объем воздуха не может увлечь неограниченное количество пыли, и его насыщение пылью наступает сравнительно скоро при низких давлениях. Отсюда понятно, что производительность аппаратов для воздушной сепарации ограничивается указанной степенью насыщения, и поэтому крайне необходимы дальнейшие опыты и теоретические исследования явлений, которые происходят в сепараторах.

Зависимость между степенью насыщения воздуха и давлением для перемещения угольной пыли аппаратами различных систем, по данным Бланка, приводится нами в табл. 52.

Таблица 52

Система аппарата	Количество угольной пыли в 1 $м^3$ воздуха *г*	Давление *ат*	Средняя скорость перемещений *м/сек*
Хольбек (Holbeck) .	330	0,3—0,4	25
Куигли (Quigley) . . .	12 500	2,0—3,0	28
Фуллер — Киньон (Fuller — Kinyon) .	62 500	до 4,0	32

По предположениям Бланка, в воздушных сепараторах степень давления воздуха измеряется лишь несколькими сантиметрами водяного столба, и степень насыщения воздуха в 300 *г* следует считать трудно достижимой цифрой.

С другой стороны, в большинстве сепараторов движение воздуха происходит в замкнутом цикле. В процессе их работы можно наблюдать три момента: отделение крупных частиц, отделение мелких частиц и циркулирование частиц тончайшей пыли, о которых раньше нами указывалось и скорость которых практически принималась равной нулю. Последние будут циркулировать до полного насыщения воздуха этими частицами, после чего возможно их соединение в виде хлопьев пыли.

Выяснение влияния на сортировку образования этой тончайшей пыли в сепараторе является предметом дальнейших изучений.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

2. Воздушные сепараторы

Применяющиеся в промышленности аппараты для сепарации по способу движения частиц в них могут быть разделены на три типа: а) сепараторы с движением частиц под действием силы тяжести, б) сепараторы с движением частиц под действием центробежной силы и в) сепараторы с комбинированным движением частиц.

а) Сепараторы с движением частиц под действием силы тяжести. Эти типы сепараторов подразделяются на сепараторы с горизонтальной струей воздуха и с восходящей струей воздуха.

Рис. 91а изображает схему работы сепаратора с горизонтальной струей воздуха.

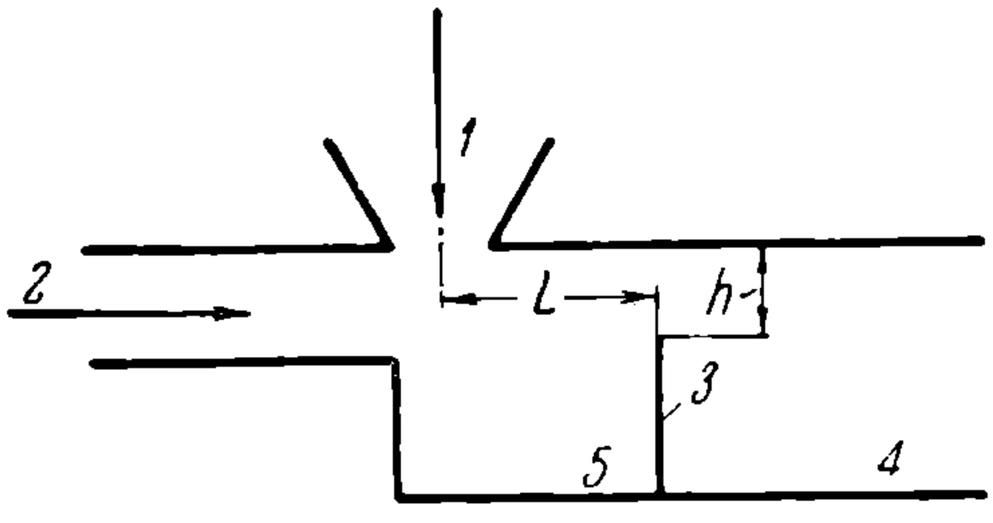


Рис. 91а. Схема воздушного сепаратора с горизонтальной струей воздуха.

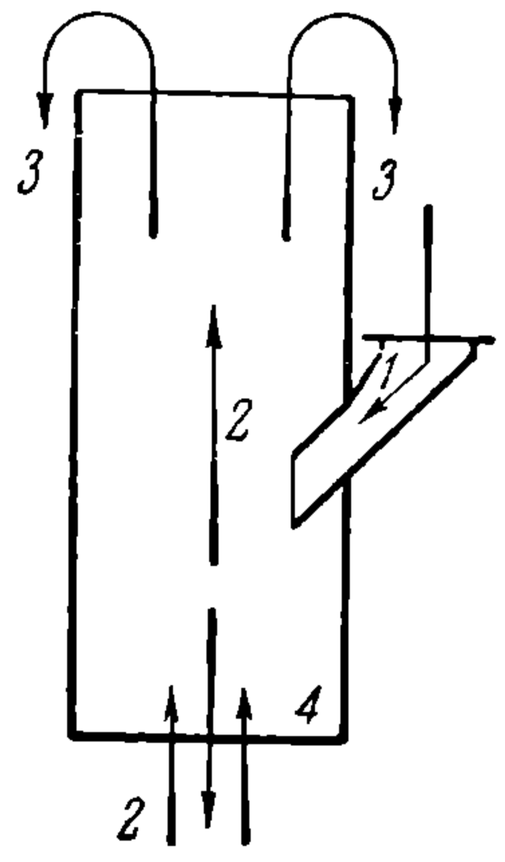


Рис. 91б. Схема воздушного сепаратора с восходящей струей воздуха.

Материал поступает в аппарат через воронку *1* и подвергается действию воздушной струи, поступающей из вентилятора по стрелке *2*. Для сортировки материала в камере установлена перегородка *3*. Под действием воздушной струи наиболее легкие частицы относятся воздухом в камеру *4*, а более тяжелые частицы падают на дно камеры *5*.

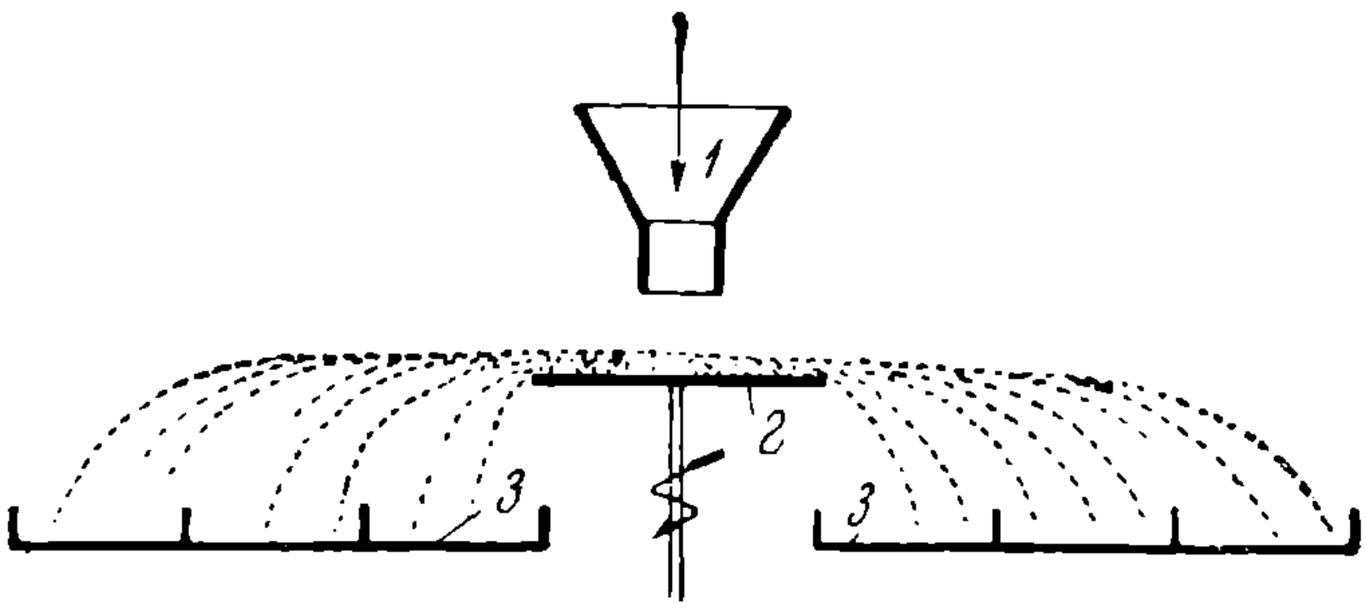


Рис. 92. Схема центробежного сепаратора.

На рис. 91б представлена схема работы сепаратора с восходящей струей воздуха. Материал направляется в аппарат через воронку *1* и подвергается действию струи воздуха, поступающего из вентилятора по стрелке *2*. Наиболее легкие частицы увлекаются струей воздуха вверх и направляются в камеры для улавливания *3*, а наиболее тяжелые частицы оседают на дно *4* сепаратора. На способе работы этого сепаратора основано действие описываемых далее центробежных мельниц разных систем.

РЕПОЗИТОРИЙ УДУНТ (ДИТ)

б) Сепараторы с движением частиц под действием центробежной силы. Рис. 92 изображает схему действия сепаратора с движением частиц под действием центробежной силы. Материал поступает через воронку *1* на тарелку *2*, которая вращается с большой скоростью (3000 *об/мин*). Частицы отбрасываются центробежной силой по всем направлениям в гори-

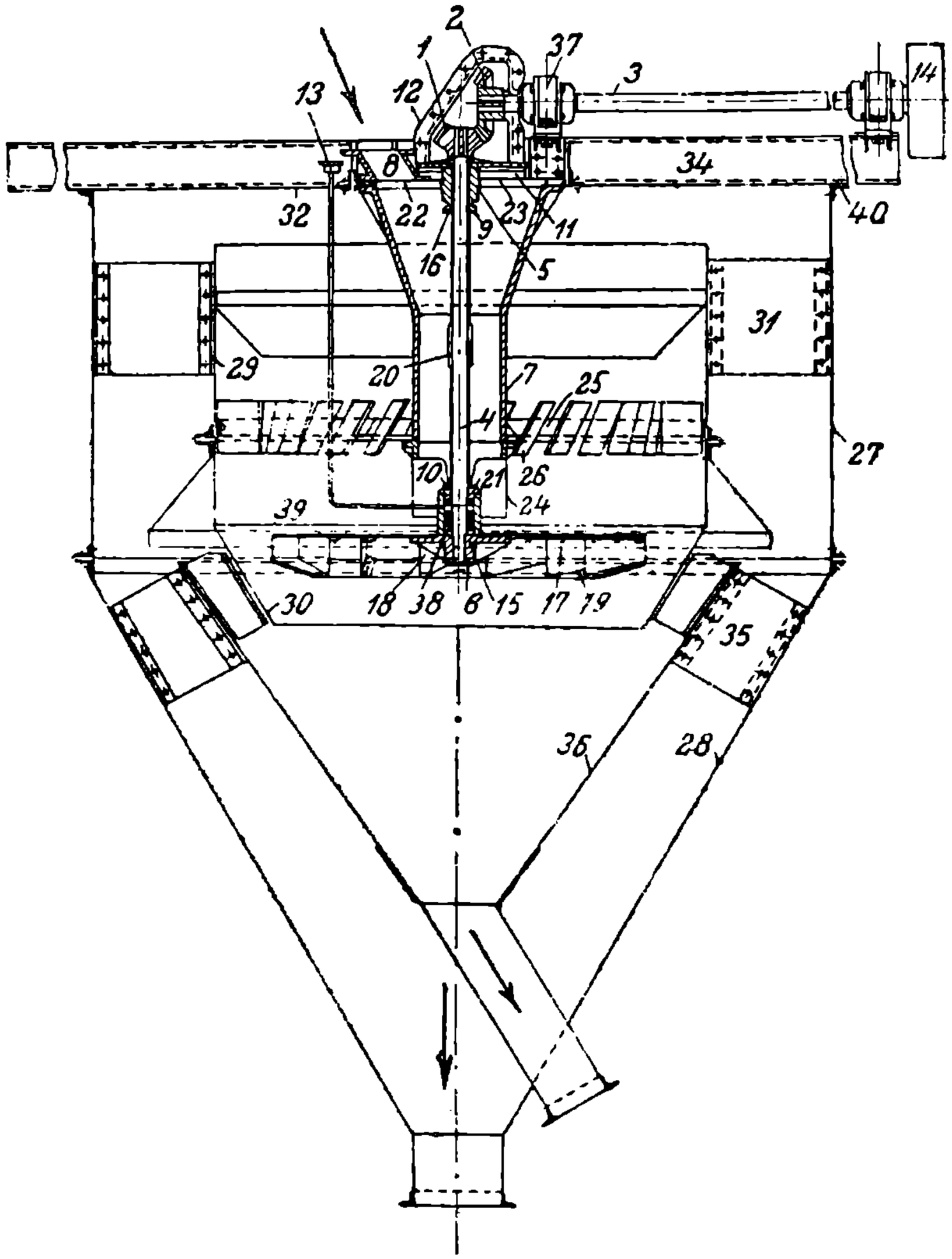


Рис. 93. Комбинированный сепаратор.

зонтальной плоскости. Сортировка частиц материала происходит по скоростям падения, причем сопротивление воздуха пропорционально их поверхности. Наиболее крупные и тяжелые частицы, обладая наибольшей живой силой, отлетят дальше, а более мелкие и легкие — ближе. Улавливание частиц производится чашей, состоящей из ряда концентрически расположенных жолобов *3*, вдоль которых обычно перемещаются скребки, передвигающие продукты сепарации к отверстиям, находящимся

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

в каждом жолобе. Аппараты этого типа отличаются громоздкостью и почти вышли из употребления.

в) Сепараторы с комбинированным движением частиц. Комбинированный сепаратор представляет собой аппарат, в котором объединено действие на частицы материала центробежной силы и восходящей струи воздуха. Подобный тип сепаратора чрезвычайно распространен в промышленности строительных материалов. Впервые этот аппарат был сконструирован инж. Мумфордом (Mumford) и Муди (Moodie) в 1885 г.

В существующие конструкции сепараторов в настоящее время внесено много усовершенствований, сделавших эти аппараты простыми и удовлетворительно работающими.

На рис. 93 изображен сепаратор, состоящий из кожухов *27*, *28*, *36*, вставленных один в другой, и отражателей (*29* и *30*). Наружный кожух терметически закрывается крышкой *32* с люком *33*. (Люк не показан.)

В центре кожуха укрепляется воронка *7* с патрубком *8* и кожухом *24*. Воронка также снабжается крышками *22*, *23*.

Через центр воронки проходит вертикальный вал *4*, входящий своей верхней частью во втулку *5* со вкладышем *16*. Нижней своей частью вал упирается в муфту *6* с втулкой *10*. Втулка и муфта соединены трубками *20* с сальниками *9*, *21*. В пространство между стенками трубок и валом набивается смазка.

К нижней втулке прикрепляется втулка *15*, соединенная с тарелкой *17*. К последней снизу прикреплено вихревое колесо *19* с лопастями *18* в количестве 12 шт.

К цилиндрической части отражателя прикреплено кольцо *25*, с установленными на нем на болтах лопатками *26* в количестве 39 штук.

Для придания жесткости всей установке вверху укреплены кольцо *40* и косынки *31*, *35*.

Для крепления сепаратора служит рама *34*. На этой же раме устанавливается привод сепаратора, состоящий из горизонтального вала *3*, конических шестерен *1*, *2*, шариковых подшипников *37* и шкива *14*.

Шестерни закрыты кожухом *12*, установленным на подставке *11*.

Вертикальный вал оборудован шариковыми подшипниками *38*, *39*. Смазывание последних осуществляется консистентной смазкой, поступающей по трубкам из штауферной масленки *13*.

Материал (молотые глина, шамот, клинкер, известь) подается в сепаратор через воронку и направляется последней на вращающуюся тарелку. Вследствие быстрого вращения тарелки материал действием центробежной силы отбрасывается к стенкам отражателя; при этом более крупные частицы падают вниз к отверстию внутреннего кожуха и отводятся снова в мельницу. Более мелкие (тонкие) частицы подхватываются током воздуха, который создается лопастями вихревого колеса, и уносятся во внешний кожух, где вследствие уменьшения скорости движения падают вниз и по отдельной трубе направляются в производство. Воздух из наружного кожуха через промежутки между отражателем и внутренним кожухом все время циркулирует в сепараторе. Изменение количества крупных и мелких частиц, выходящих из сепаратора, осуществляется: регулированием числа оборотов вихревого колеса, углом наклона лопаток к горизонтально установленному кольцу, количеством, степенью измельчения и влажности поступающего в сепаратор материала.

Одновременно необходимо отрегулировать и питание сепаратора по-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ступающим материалом, так как чрезмерная подача последнего, равно как и недостаточная, ведет к понижению производительности сепаратора.

Для характеристики или для определения наилучшего режима работы сепаратора надлежит выяснить наилучшие условия для отношения количества материала, идущего на сепарацию, к материалу, выходящему из сепаратора. Данные для сепараторов (комбинированных) см. табл. 53.

Сепаратор чрезвычайно распространен в производствах огнеупорном, цементном и силикатного кирпича (для извести).

Таблица 53

Диаметр кожуха в *мм*	Производительность *т/час* [1]	Число оборотов в минуту	Потребная мощность *ЛС*	Вес *т*	Габариты *мм*			Вес вентилятора *т*
					ширина	длина	высота	
1 000	0,6	350	0,5— 0,6	0,95	1 350	1 100	2 000	0,04
1 200	0,8	325	0,8— 1,0	1,20	1 650	1 350	2 300	0,06
1 400	1,2	300	1,2— 1,5	1,45	1 950	1 600	2 600	0,08
1 600	1,9	280	1,6— 2,0	1,85	2 250	1 900	2 950	0,12
1 800	2,8	260	2,2— 2,5	2,25	2 600	2 200	3 450	0,18
2 000	5,5	240	3,0— 3,5	2,85	2 950	2 500	3 900	0,24
2 200	7,5	220	4,0— 4,5	3,85	3 300	2 600	4 500	0,28
2 500	9,0	200	6,0— 7,0	4,30	3 400	2 700	5 200	0,36
2 800	11,0	180	8,0—10,0	5,40	3 700	3 400	5 500	0,43
3 000	12,5	180	10,2—12,0	6,50	4 100	3 600	6 000	0,50
3 700	18,0	—	12,0—14,0	9,00	4 800	4 600	7 600	—

3. Действие струи воздуха на зерно

Действие горизонтальной струи воздуха, применяемой для разделения минеральных зерен по крупности, отлично от действия струи воды, а именно, струя воздуха, направленная на минеральные зерна, разбрасывая их по направлению своего движения, заставляет зерна двигаться по различным траекториям в зависимости от их величины.

Сила, воспринимаемая зерном от горизонтальной струи воздуха, или его динамическое давление, может быть выражена так:

$$P = w \cdot d_1^2 \cdot c^2 \cdot \Delta.$$

Понятно, что струя воздуха по выходе из отверстия расширяется и быстро теряет свою скорость, вследствие чего и сила P также снижается пропорционально квадрату уменьшения скорости.

При выходе из сферы действия струи воздуха зерна продолжают двигаться по инерции, в более спокойной массе воздуха.

Если рассматривать влияние струи воздуха выходящей из отверстия на зерно, то из рис. 94 можно видеть: зерно A, помещенное перед отверстием, будет находиться под действием двух сил:

---

[1] Данные о производительности относятся к материалу с удельным весом от 2,5 до 3 и при тонкости продукта с остатком на сите 4900 *отв/см²* не более 5%.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

динамического давления воздуха

$$P = w \cdot d_1^2 \cdot c^2 \quad \Delta;$$

собственного веса

$$G = mg.$$

В таком случае направление равнодействующей этих сил может быть выражено через

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G}{P} = \frac{\pi \cdot d_1^3 \delta \cdot g}{6 \cdot w \cdot d_1^2 \cdot c^2 \cdot \Delta} = \frac{\pi \cdot \delta \cdot g \cdot d_1}{6 \cdot w \cdot c^2 \cdot \Delta}.$$

Равенство показывает, что при одинаковом удельном весе тел угол этот будет зависеть от их размера, т. е. угол α будет меньше для мелких зерен, в результате чего мелкие зерна, двигаясь более полого, дольше подвергаются действию струи воздуха и поэтому отбрасываются на большее расстояние, в то время как крупные зерна направляются по более крутой траектории вниз и быстро выходят из сферы влияния струи воздуха. В действительности, вследствие неравномерного распределения скоростей движения воздуха, сложной кинематики движения зерна и т. п., описанные явления происходят значительно сложнее.

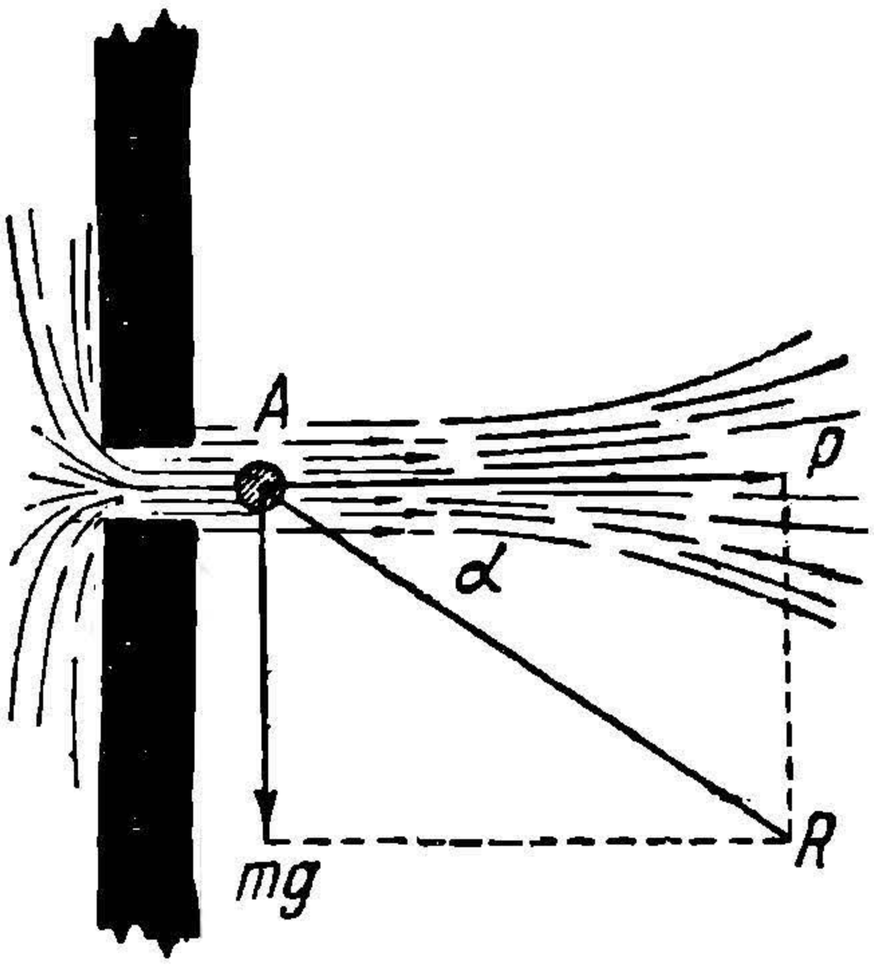


Рис. 94. Действие струи воздуха на зерно.

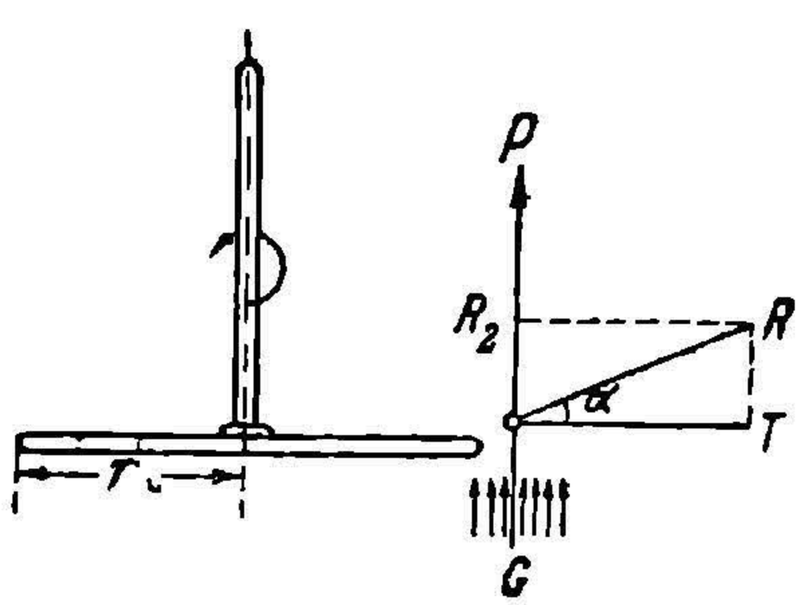


Рис. 95. Силы, действующие в сепараторе.

На принципе действия горизонтальной струи воздуха построен ряд аппаратов, применяющихся в практике обогащения для разделения зернистых материалов от пылеобразных.

В промышленности строительных материалов большое распространение получили аппараты, называемые сепараторами, действие которых основано на том, что в них отделение мелких зерен от крупных осуществляется комбинированным способом, т. е. зерна подвергаются действию центробежной силы при вращении тарелки, действию собственной силы тяжести зерна и действию восходящей струи воздуха.

Рис. 95 изображает распределение сил, действующих в сепараторе.

Центробежная сила выражается формулой

$$T = \frac{m \cdot v^2}{r},$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

но

$$m = \frac{\pi \cdot d_1^3}{6} \cdot \delta;$$

$$v = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30};$$

$$T = \frac{\pi d_1^3 \delta \cdot \pi^2 \cdot r^2 \cdot n^2}{6 \cdot r \cdot 900} = \frac{d_1^3 \cdot n^2 \cdot r \cdot \delta}{174}.$$

Сила тяжести может быть выражена так:

$$G = m \cdot g = \frac{\pi d_1^3}{6} \cdot \delta \cdot g.$$

Сила восходящей струи воздуха может быть выражена динамическим давлением

$$P = w \cdot d_1^2 \cdot c^2 \cdot \Delta.$$

Принимая во внимание, что силы P и G направлены в противоположные стороны, их равнодействующая направлена вертикально и равна:

$$R = G - P = \frac{\pi \cdot d_1^3}{6} \cdot \delta \cdot g - w \cdot d_1^2 \cdot c^2 \cdot \Delta.$$

С другой стороны известно, что в сепараторах скорость вращения тарелки составляет в среднем 200 *об/мин*, а если принять, что диаметр тарелки равен 1 *м*, не трудно подсчитать, что ускорение центробежной силы будет равно:

$$j = \frac{v^2}{r} = \frac{(\pi r n)^2}{900 \cdot r} = \frac{\pi^2 \cdot r \cdot n^2}{900} = \frac{10 \cdot 100 \cdot 200^2}{900 \cdot 2} = 22\,222 \ см/сек^2,$$

в то время как ускорение силы тяжести

$$g = 981 \ см/сек^2;$$

из сопоставления видно, что ускорение центробежной силы значительно превосходит ускорение силы тяжести, а следовательно, величиной последней можно пренебречь.

Таким образом можно считать, что зерно в сепараторе будет находиться под влиянием одной центробежной силы и испытывать динамическое давление от восходящей струи воздуха.

Из сказанного следует, что общая равнодействующая сил, действующих на зерно, будет иметь направление, которое образует некоторый угол α с горизонтом, причем тангенс этого угла будет

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{T} = 174 \cdot \frac{w \cdot c^2 \cdot \Delta}{r \cdot d_1 \cdot \delta \cdot n^2}.$$

Настоящий вывод показывает, что угол отклонения зерна от горизонтального направления будет тем больше, чем больше скорость струи воздуха, и тем меньше, чем больше диаметр и удельный вес зерна.

Поэтому крупные зерна будут двигаться горизонтально и, ударившись о стенку внутреннего кожуха сепаратора, выпадут вниз, а мелкие зерна будут подниматься струей воздуха вверх и увлекаться вентилятором в наружный кожух сепаратора.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Перейдем к определению коэфициента полезного действия.[1] Всякий сортирующий аппарат в процессе работы дает два вида продукта: нижний, или конечный, и верхний, или хвостовой, продукты, причем в случае механической сортировки материала (на ситах рис. 96, *а*) конечный продукт всегда бывает свободен от хвостового продукта, в последнем же всегда содержится некоторое количество конечного продукта, а при гидравлической или воздушной сортировке материала (в сепараторах рис. 96, *б* и *в*) как конечный, так и хвостовой продукты всегда будут содержать то или иное количество неотсортированного материала. Таким образом можно заранее сказать, что ожидать полного разделения материала по сортам на сортировочном аппарате не представляется возможным, но каждый аппарат, в зависимости от условий работы и конструктивных особенностей, должен обладать тем или иным коэфициентом полезного действия. Определение последнего имеет чрезвычайно важное значение при выборе аппарата.

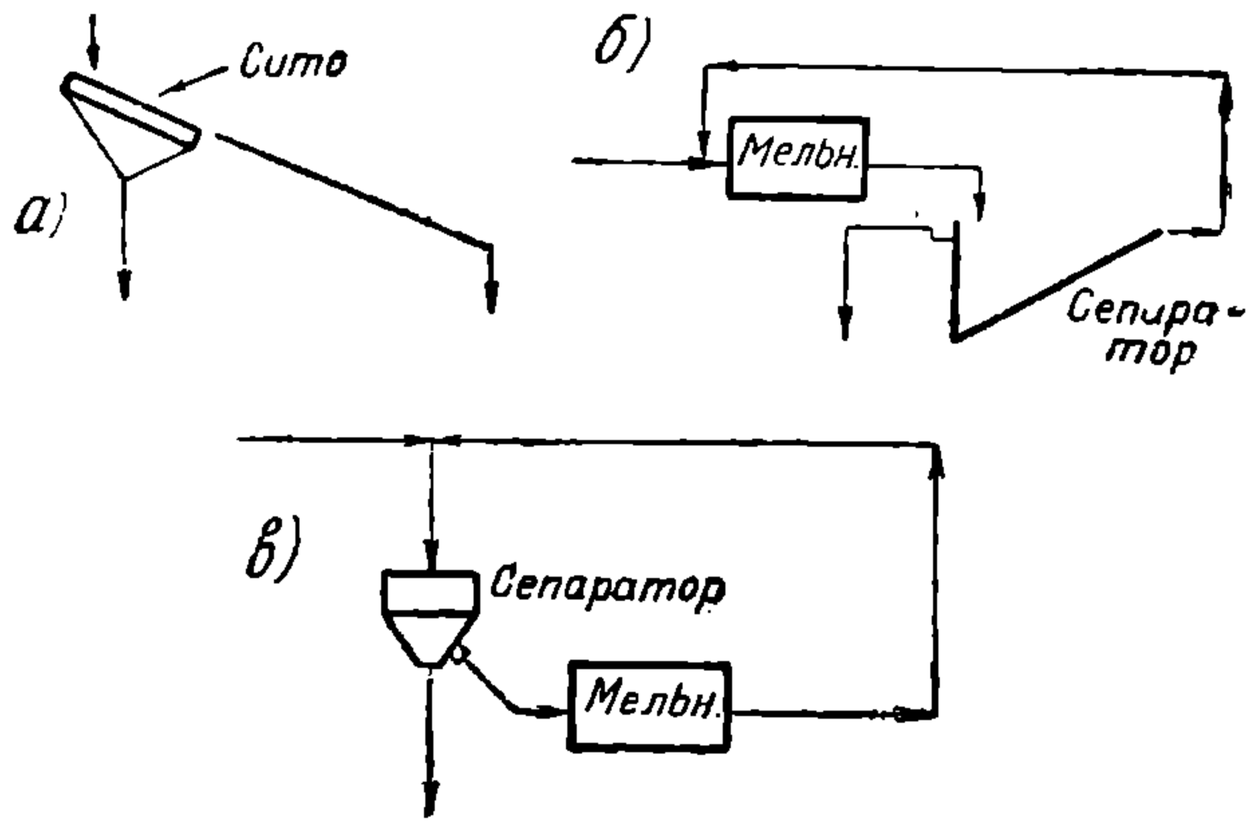


Рис. 96. Схемы работы аппаратов для сортировки.

Коэфициент полезного действия определяется отношением количества отсортированного материала к полному количеству материала, который может быть отсортирован аппаратом, и, обычно, выражается в процентах. Так, например, на сортирующий аппарат — на вибрационное сито — поступает 15 *т/час* материала, подлежащего сортировке, причем проба последнего при просеивании через контрольное сито дает 55% остатка, а проба, взятая из количества продукта, не прошедшего сквозь сито аппарата, при просеивании через то же контрольное сито дает 15% остатка. Коэфициент полезного действия аппарата для этого случая может быть определен следующим подсчетом. Например, количество материала, поступающего на сито, — 15 *т/час*, в котором конечного продукта содержится 45%, т. е. 6,75 *т*, а остаток составляет 55%, т. е. 8,25 *т*. Но последняя цифра составляет 85% от общего количества непросеянного материала, т. е. остатка всего получится 8,25 : 0,85 = 9,7 *т*, и количество готовой продукции, таким образом, составит 15—9,7 = 5,3 *т/час*, откуда коэфициент полезного действия аппарата определится:

$$\eta = \frac{5{,}30}{6{,}75} = 0{,}78, \text{ или } 78\%.$$

К таким же результатам можно притти и другим способом, а именно: в общем количестве остатка в 9,7 *т* содержится 15%, или 1,45 *т*, конеч-

[1] Н. П. Варанов, Аппараты для сортировки. Журнал «Огнеупоры», № 4 1935.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ного продукта, или $\frac{1,45}{0,45} = 3,2\,m$ неотсортированного материала, а всего отсортированного хвостового материала будет: 9,70 — 3,20 = 6,50, откуда

$$\eta = \frac{6,50}{8,25} = 0,78 = 78\%.$$

Для определения коэфициента полезного действия сортировочного аппарата на практике можно рекомендовать употребление диаграммы приведенной на рис. 97.

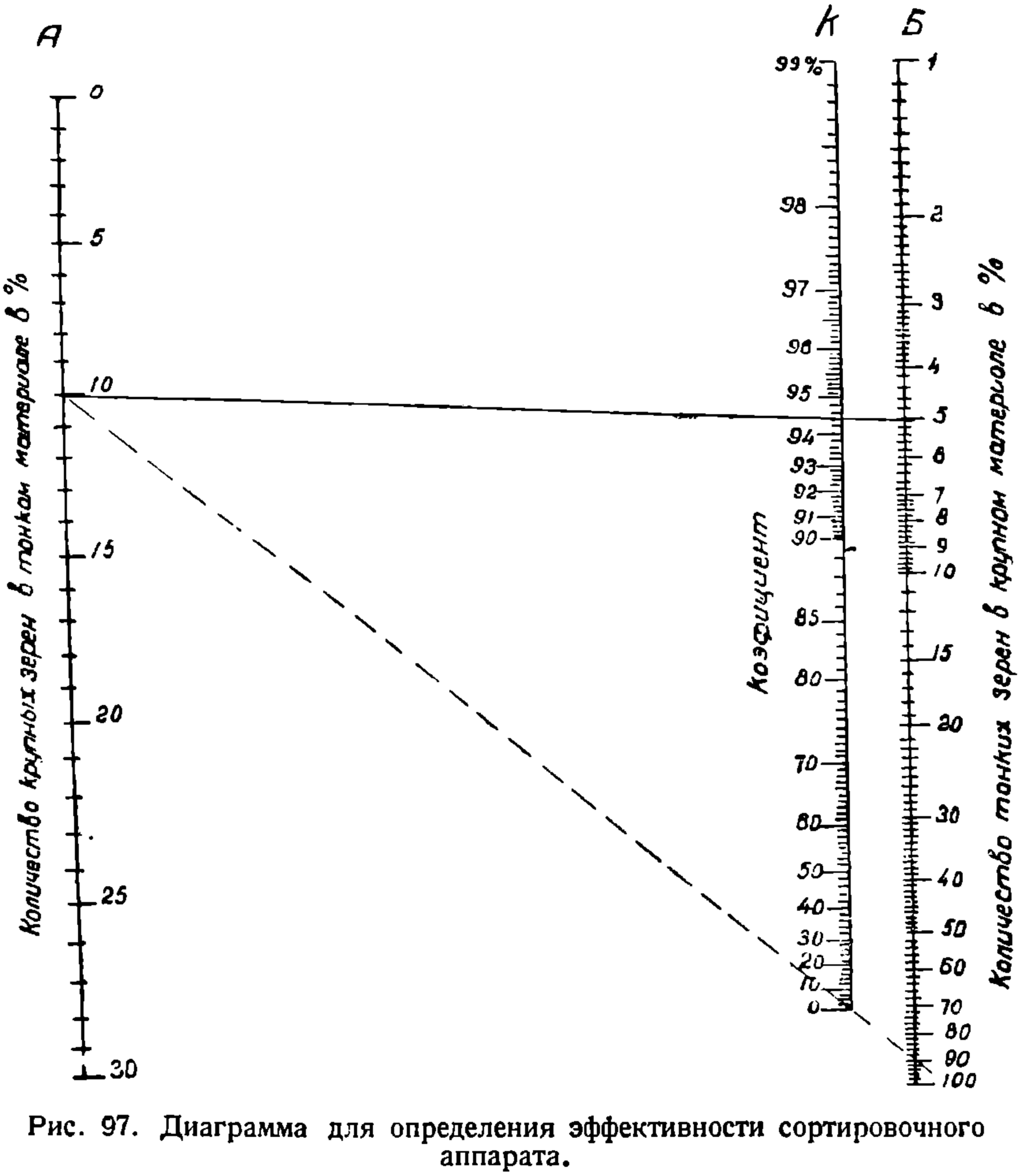


Рис. 97. Диаграмма для определения эффективности сортировочного аппарата.

Диаграмма состоит из трех параллельных линий с делениями, показывающими соответственно количество крупных зерен, содержащихся в тонком материале, в процентах (линия *А*), количество тонких зерен, содержащихся в крупном материале, в процентах (линия *Б*), и коэфициент полезного действия аппарата (линия *К*).

Из приведенной диаграммы можно видеть, что при содержании крупных зерен в просеянном материале, например, в количестве 10% и тонких зерен в крупном материале — 90% (сумма 100%), прямая линия

НВ УДУНТ (ДІІТ)

(пунктир на рисунке), соединяющая эти точки на линиях *А* и *Б*, на третьей линии *К* пройдет через нуль.

Диаграммой следует пользоваться так:

1) отсортировать определенное количество материала (тонкие и грубые зерна) на одинакового размера ситах;

2) определить количество крупных зерен в отсортированном продукте в процентах и отметить точку на шкале *А*;

3) определить количество тонких зерен в оставшемся после просеивания продукте в процентах и отметить точку на шкале *Б*;

4) соединить прямой линией полученные на шкале *А* и *Б* точки; пересечение прямой линией шкалы *К* укажет коэфициент полезного действия сортировочного аппарата в процентах.

Например, количество крупных зерен в тонком материале — 10%; количество тонких зерен в крупном материале — 5%; соединяя замеченные на шкалах точки прямой линией, видим, что она пересекает шкалу *К* по делению 94,4, т. е. к. п. д. аппарата равен 94,4%.

§ 5. Магнитная сортировка

Применение магнитной сортировки давно известно. Еще в 1792 г. в Англии был выдан патент на разделение магнитом магнитных железняков.

Постепенное развитие и улучшение конструкций магнитных сепараторов значительно расширило область применения магнитной сортировки в горном деле. Большое распространение имеют магнитные сепараторы для целей обогащения руды, а в промышленности строительных материалов назначение магнитных сепараторов — улавливание металлических частей и примесей, содержащихся в транспортируемом материале, как с целью предупреждения попадания металлического лома в работающие аппараты, так и с целью освобождения материала от вредных для производства примесей (стекольное, магнезитовое, гипсовое и другие производства).

Магнит, укрепляемый в барабане, представлен на рис. 98 и состоит из катушек *1*, неподвижного магнита *2* и вращающегося вокруг него полого барабана *3*. Намагничивание осуществляется посредством катушек, установленных на магнитных полюсах и питаемых постоянным током. Провод, подводимый к катушкам, пропускается через отверстие *4*. Барабан сепаратора изготовляется из немагнитного материала. При монтаже магнитная система должна устанавливаться так, чтобы магнитное поле приходилось на той же половине барабана, через которую подается материал. Металлические примеси, попадающие вместе с материалом (песок, уголь), оказываются в сфере влияния силовых линий, притягиваются к барабану и выпадают затем в особый рукав, отделенный от потока материала.

Таким образом все количество проходящего через барабан материала разделяется на материал магнитный и немагнитный, направляемый в дальнейшую переработку.

Магнитная система закрепляется в сепараторе в надлежащем положении посредством стопорных болтов *5* у подшипников. Правильное положение магнитов отмечается заводом-поставщиком соответствующими отметками на неподвижных подшипниках. Установка магнитной системы

НБ УДУНТ (ДІІТ)

осуществляется поворотным ключом, для чего один конец (*б*) вала (магнита) делается квадратным. Магнитная система питается постоянным током с присоединением положительного или отрицательного полюса цепи к любой клемме. Чтобы избежать порчи изоляции при включении и выключении магнита, в цепь включается реостат.

Данные для магнитных сепараторов (барабанных) представлены в табл. 54.

Таблица 54

	Размерность	Диаметр барабана 500 *мм*			Диаметр барабана 650 *мм*		
Длина барабана	*м*	0,6	1,4	2,0	0,6	1,4	2,0
Число оборотов	*об/мин*	300	300	300	300	300	300
Потребная мощность:							
на намагничивание	kW	0,88	1,61	2,18	1,35	2,32	3,07
на вращение барабана	,,	1,10	1,84	2,94	1,10	2,58	4,05
Вес	*кг*	1 830	3 400	4 600	2 460	4 580	5 500
Производительность для угля	*т/час*	60	140	200	80	160	220

Другими типами магнитных сепараторов являются индуктивные магнитные сепараторы.

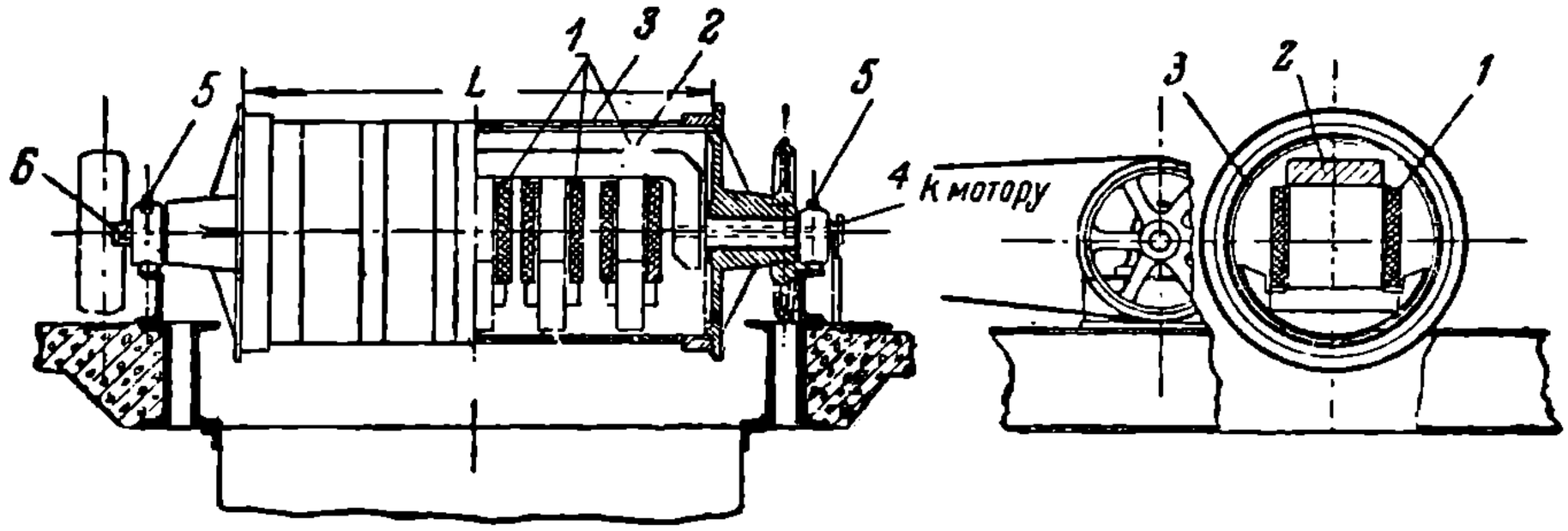


Рис. 98. Магнитный сепаратор.

В основном из всех типов индуктивных сепараторов по способу действия различают два: 1) магнитная сила действует вертикально, прямо противоположно направлению силы тяжести, с тем чтобы поднимать магнитные частицы материалов, подаваемых на горизонтальном транспортере; 2) магнитная сила действует вертикально в одном направлении с силой тяжести, с тем чтобы отвести магнитные частицы материалов на острый разделитель.

Не останавливаясь на характеристике первого типа магнитных сепараторов, как мало эффективных, дадим краткую характеристику второго типа магнитного сепаратора системы Джонсон, представленного на рис. 99.

Сепаратор состоит из рамы с укрепленными на ней бункером *1*, магнитными роторами *2*, разделителями *3* и лотками *4*. На той же раме устанавливаются магнитные катушки *5*, соединенные с магнитными полюсами

НБ УДУНТ (ДІІТ)

6. Измельченный материал, подвергающийся сепарации, направляют из бункера на расположенные один под другим роторы, сильно намагниченные посредством индукции и вращающиеся в магнитном поле.

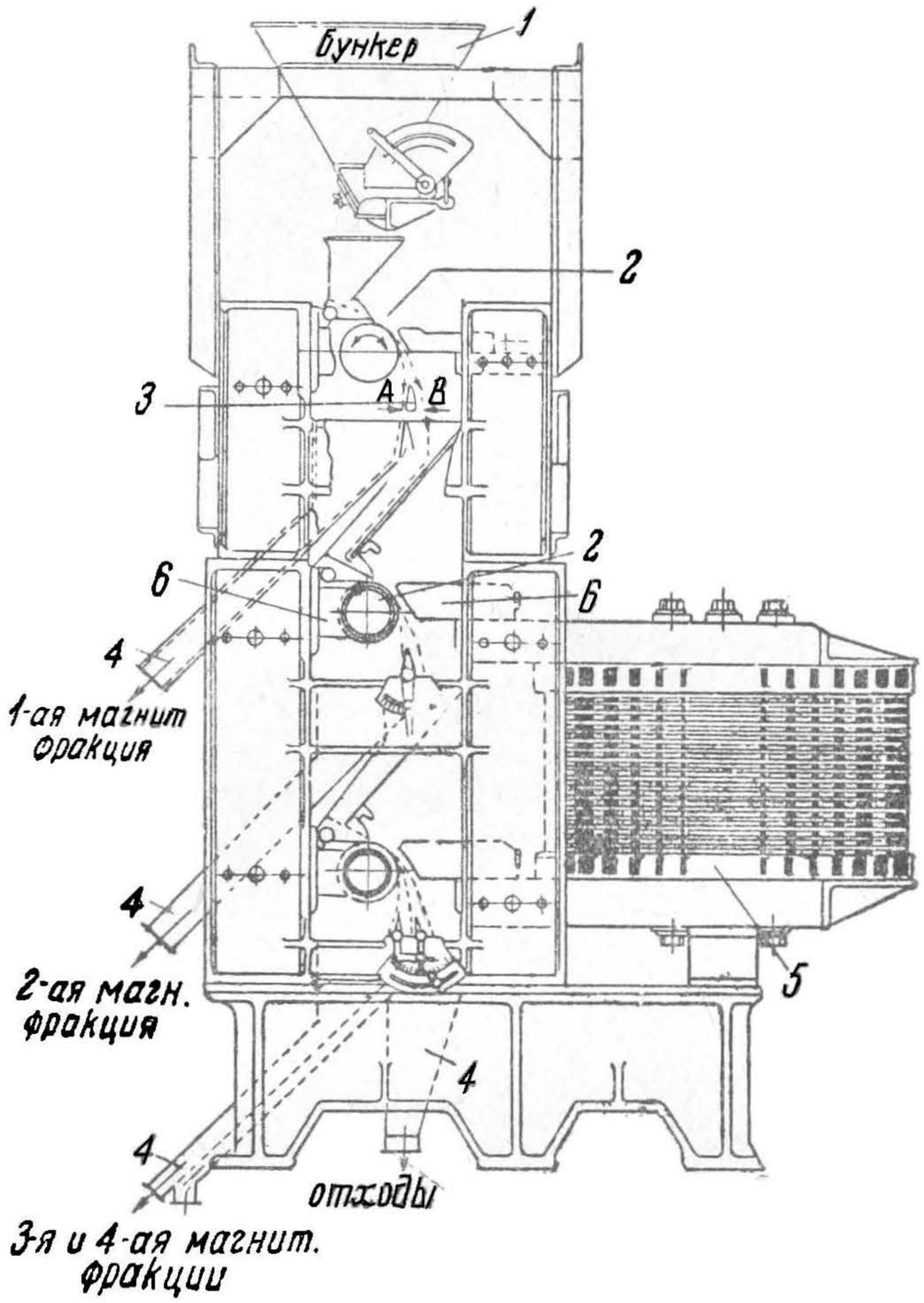


Рис. 99. Магнитный сепаратор.

При попадании материала на роторы частицы магнитных материалов притягиваются ротором и задерживаются на нем более продолжительный срок, нежели частицы, не обладающие магнитными свойствами. В результате магнитные частицы будут двигаться по траектории *A*, а немагнитные частицы — по траектории *B*. Регулирование потока материала осуществляется разделителями.

Производительность сепаратора Джонсона около 1 *т/час* при габаритных размерах: высота — 2,1 *м*, площадь — 2,3 *м*². Расход электроэнергии — 0,5 kWh на 1 *т* материала.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

АППАРАТЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

§ 1. Классификация и способы измельчения материалов

Для оценки всякого установленного на заводе аппарата для измельчения основное значение имеют: производительность, надежность работы, степень измельчения, расход энергии и износ частей машины. Все эти данные можно получить только на основании эксплоатационной практики, так как при этом большое значение имеют род и вид измельчаемого материала.

Измельчающий аппарат должен соответствовать следующим требованиям: наименьшая стоимость установки, незначительные габаритные размеры, малый вес, незначительный износ, быстрота и удобство замены частей, подвергающихся износу, дешевизна запасных частей, малый удельный расход энергии, удобство регулировки степени измельчения и производительности, спокойная работа аппарата — без ударов и сотрясений. Сконструировать аппарат, отвечающий полностью всем перечисленным требованиям, трудно, но следует устанавливать аппарат, наиболее отвечающий перечисленным условиям.

Основными техно-экономическими показателями работы измельчающих аппаратов являются: степень измельчения и эксплоатационные расходы на 1 *m* продукции, которые меняются в зависимости от типа установленного аппарата.

Прежде чем перейти к ознакомлению с различными типами аппаратов для измельчения, применяющихся в данной промышленности, отметим, что для целей измельчения материалов применяются измельчающие аппараты самых разнообразных конструкций, причем на эти аппараты совершенно отсутствует классификация. Подобное обстоятельство в результате сказывается как на терминологии аппаратов, сплошь и рядом неправильной, так иногда и на неверном описании работы аппаратов.

В целях введения однообразного наименования и четкости в определении существующего оборудования для измельчения материалов нами предлагается проект классификации аппаратов для измельчения (см. табл. 55). В основу классификации положены наименования аппаратов по какому-либо определенному и одному для всех признаку—по характеру дробящих частей; так, например, челюстные дробилки производят измельчение челюстями, независимо от их формы: плоской, конической или цилиндрической, молоточные — молотками и т. д. Затем идет указание на форму дробящих частей, на способ действия последних и на род механического привода, понятные из таблицы.

Крупность измельчения и влажность материала приняты приблизительные, как дающие общее представление об этих факторах. Затем

УДУНТ (ДІІТ) БІБ

	Дробилки					
	Челюстные		Вальцовые		Молоточные	
	Периодического действия	Непрерывного действия	Гладкие	Рифленные и с зубьями	С шарнирной связью	С жесткой связью
По форме дробящих тел	Плоская	Коническая или цилиндрическая	Коническая или цилиндрическая		Различная	
По способу действия дробящих тел	Раздавливание и излом		Раздавливание и разрыв или излом		Удар	
По степени крупности поступающего материала[1]	Крупный Средний Мелкий		— Средний Мелкий		Крупный Средний Мелкий	— — Мелкий
По степени прочности материала раздавливанию [2]	Прочный Средний Слабый		Прочный Средний Слабый	— Средний Слабый	— Средний Слабый	— — Слабый
По степени твердости материала по шкале Мооса [3]	Твердый Средний Мягкий		— Средний Мягкий		— Средний Мягкий	— — Мягкий
По степени влажности материалов приблизительно в %	Не более 16	12	Не более 16 или более 20	Любая влажность	Не более 8	8
По форме выходящего зерна	Остроугольная		Остроугольная		Остроугольная	
По степени измельчения материала [4]	Грубое и среднее		Грубое, среднее и тонкое		Грубое, среднее и тонкое	

[1] Крупный более 500 *мм*, средний 500—100 *мм*, мелкий менее 100 *мм*.
[2] Прочный более 750 *кг/см*²; средний 750—100 *кг/см*²; слабый менее 100 *кг/см*².
[3] Твердый 7—10; средний 4—7; мягкий 1—4.
[4] Грубый — более 10; средний 10—100; тонкий — менее 100.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ратов для измельчения

Мельницы									
Жерновые		Бегунные		Шаровые	Роликовые		Шаровые—ударные (барабанные)		Стержневые (барабанные)
С вертикальной осью	С горизонтальной осью	С подвижной чашей	С неподвижной чашей	Центробежные типа Фуллера Руллет	Маятниковые	Кольцевые	Цилиндр.	Коническ.	Цилиндрическ.
Цилиндрическая		Цилиндрическая или коническая		Шаровая	Цилиндрическая		Шаровая		Цилиндрическая
Раздавливание и истирание		Раздавливание и истирание		Раздавливание и истирание	Раздавливание и истирание		Удар и истирание		Раздавливание и истирание
Мелкий		Мелкий		Мелкий	Мелкий		Мелкий		Мелкий
Прочный Средний Слабый		Прочный Средний Слабый		Прочный Средний Слабый	Прочный Средний Слабый		Прочный Средний Слабый		Прочный Средний Слабый
Твердый Средний Мягкий		Твердый Средний Мягкий		— Средний Мягкий	— Средний Мягкий		Твердый Средний Мягкий		Твердый Средний Мягкий
Не более 6	6	Любая влажность		Не более 3	Не более 3	3	Не более 3 или более 35		Не более 3 или более 35
Остроугольная и окатанная		Остроугольная и окатанная		Окатанная	Окатанная		Окатанная		Окатанная
Среднее и тонкое		Среднее и тонкое		Тонкое	Тонкое		Тонкое		Тонкое

НБ УДУНТ (ДІТ)

вводится разделение понятий о прочности материала и его твердости, так как эти термины имеют совершенно различное значение. И наконец, разделение аппаратов по форме выпускаемого ими зерна имеет целью дать представление о характере материала, получающегося после измельчения.

§ 2. Основные законы измельчения

На процесс измельчения оказывают влияние различные обстоятельства, как например, свойства измельчаемого материала: твердость, прочность, плотность, вязкость, влажность, однородность, размеры и форма кусков.

Большое значение могут иметь внешние условия, как температура и время года: например, известняки Ленинградского цементного завода, обычно не требующие предварительного измельчения перед подачей их в мельницы,— зимой, в мерзлом виде, с трудом поддаются измельчению при большой затрате электроэнергии.

Теорией измельчения материалов предусматривается, что измельчаемое вещество состоит из отдельных разрыхленных кусков однородного строения, причем силы сцепления, действующие в этих кусках, распределены равномерно по всем направлениям. О величине сил, связывающих между собою частицы твердых тел, можно судить по тем усилиям, которые должны быть приложены извне к телу, чтобы отделить одну часть от другой. Способность тел сопротивляться разрушающему действию сил называется его прочностью.

Если силу сцепления между отдельными частицами обозначим через m, поперечное сечение куска через F, то внешнее усилие P, которое должно быть приложено к этому сечению для того, чтобы разделить кусок на две части, должно быть

$$P \geqslant mF.$$

В зависимости от силы сцепления m, величина которой для различных материалов изменяется в больших пределах, соответственно должна изменяться и величина внешнего усилия, т. е. с увеличением прочности материала увеличивается и величина внешнего усилия, необходимого для измельчения материала.

Сопротивление разных горных пород механическим усилиям различно, как это ясно видно из табл. 56.

Из той же таблицы не трудно убедиться, как различно реагирует материал на то или иное механическое усилие. Так например, сравнивая диабаз и яшму, мы видим, что при почти одинаковом высоком сопротивлении их сжатию (3500 и 3852) они резко отличаются своими свойствами при испытании их на истирание (0,29 и 0,06) и на удар (360 и 18), а следовательно, и способность их к измельчению в одном и том же аппарате будет совершенно различна.

В виду огромного значения процесса измельчения для практики, на изучение его потрачено много времени и трудов. В настоящее время существует много теорий измельчения материалов, причем наибольшим распространением пользуются теории Риттингера и Кика (Kick).

Риттингер установил, что работа, затраченная при измельчении, пропорциональна вновь полученной (обнаженной) поверхности измельченного материала.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 56

Характеристика технических свойств различных материалов

№ образца	Наименование образцов	Объемный вес $т/м^3$	Временное сопротивление					Твердость				
			сжатию $кг/см^2$		излому $кг/см^2$	истиранию $кг/см^2$	удару $кг/см^3$	по Моору	по Герберту		по Моосу × 100	по Розевалю
			сухих образцов	насыщенных образцов					по времени качания	по углу качания		
1	Амфиболит .	2,94	1 177	1 262	196	0,47	38,3	64,1	56,2	58,0	620	1 809,3
2	Гнейс .	2,69	2 133	2 566	248	0,25	102,0	74,4	53,2	61,0	532	3 768,4
3	Известняк (мрамор) . .	2,69	1 275	1 452	218	1,45	66,6	45,2	31,5	42,0	300	333,0
4	Гранит	2,63	2 477	2 905	228	0,15	65,7	80,1	79,8	81,3	653	5 352,6
5	Известняк	2,63	1 224	975	189	1,24	52,4	39,8	30,6	43,8	292	303,1
6	Габбро . .	2,98	2 370	2 451	—	0,45	90,7	68,4	53,9	60,5	507	1 675,6
7	Кварцит .	2,64	3 133	2 846	—	0,18	117,0	77,9	75,7	72,9	686	7 940,0
8	Корунд .	—	—	—	—	0,13	22,6	44,7	—	—	750	10 000,0
9	Песчаник . .	2,28	447	389	—	3,00	13,0	27,7	27,3	42,3	687	1 500,0
10	Биотитовая слюда .	2,92	645	423	—	1,22	16,0	49,9	58,4	—	—	—
11	Нефрит .	3,00	4 956	4 058	—	0,16	185,0	52,0	47,1	48,5	550	1 500,0
12	Диабаз	3,08	3 500	—	300	0,29	360,0	74,7	67,0	74,7	573	2 242,0
13	Яшма	2,72	3 852	—	—	0,06	18,0	86,0	—	—	—	—
14	Шлак доменный .	2,70	1 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	Шлак доменный	—	1 900	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	Шлак мартеновский . .	2,80	1 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	Шлак мартеновский . .	—	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Пусть для разделения на одной плоскости куба, имеющего 1 *см* в стороне, требуется работа A [*кгсм*], чтобы разделить кусок на 8 кубиков со стороной $^1/_2$ *см*, для чего требуется провести 3 плоскости разделения (рис. 100). Следовательно, работа, затраченная на это разделение, будет равна $3A$ *кгсм*. Для разделения на 27 кубиков со стороной $^1/_3$ *см* требуется 6 плоскостей и соответственно $6A$ [*кгсм*] работы. Рассуждая точно так же, можно сказать, что для разделения кубика на n^3 кубиков со стороной $\frac{1}{n}$ [*см*] требуется 3 $(n-1)$ плоскостей раздела и затратить $3(n-1)$ A *кГсм* работы. При разделении на m^3 кубиков со стороной $\frac{1}{m}$ требуется 3 $(m-1)$ плоскостей раздела и 3 $(m-1)A$ [*кГсм*] работы.

Таким образом мы можем составить два уравнения:

$$A_n = 3A(n-1) \text{ и } A_m = 3A(m-1),$$

откуда отношение этих работ:

$$\frac{A_n}{A_m} = \frac{n-1}{m-1};$$

при больших значениях n и m можно пренебречь единицей в знаменателе: тогда

$$\frac{A_n}{A_m} = \frac{n}{m}.$$

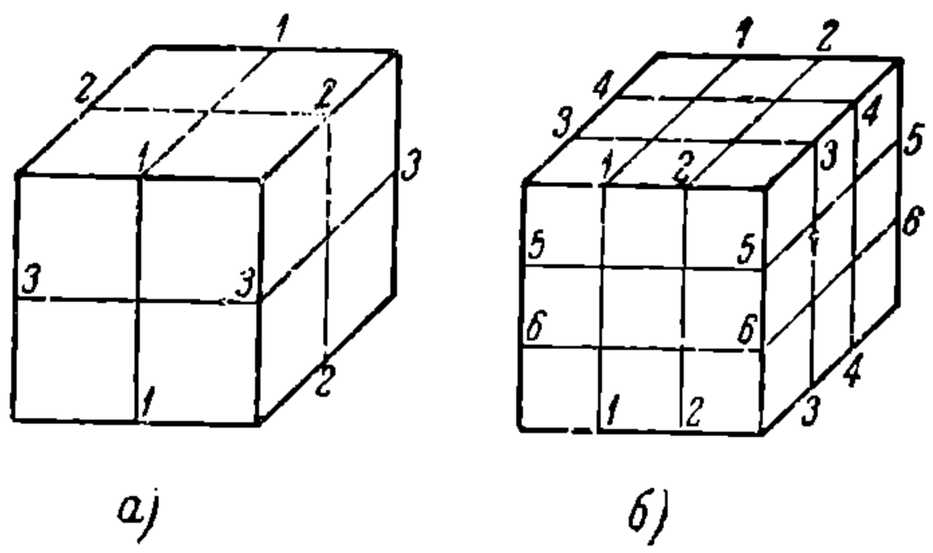


Рис. 100. Способ измельчения кубика (теоретически).

Таким образом, работа измельчения прямо пропорциональна степени измельчения.

Пример. Для измельчения куба, имеющего 1 *см* в стороне, на кубики в $^1/_{100}$ *см* стороной, потребуется бо́льшая работа, чем для раздробления такого же куба на кубики $^1/_5$ *см* стороной, а именно:

$$\frac{A_n}{A_m} = \frac{n}{m} = \frac{A_{100}}{A_5} = \frac{100}{5} = 20.$$

Другая теория Кика основана на происходящей при измельчении (раздавливании) материала деформации (разрушении).

Из теории упругости известно, что работа деформации при раздроблении (сжатии) равна

$$A = \frac{\sigma^2 V}{2E},$$

где

σ — возникающее при деформации напряжение;
E — модуль упругости;
V — объем тела.

По теории Кика работа, затраченная при измельчении, прямо пропорциональна объему или весу тела, т. е.

$$\frac{A_n}{A_m} = \frac{V_n}{V_m} = \frac{G_n}{G_m},$$

где G — вес тела.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Так как работа равна произведению силы на путь, причем в нашем случае путь S соответствует деформации тела, то можно написать следующее равенство:

$$A = PS.$$

С другой стороны, по закону Гука деформация прямо пропорциональна линейным размерам тела:

$$\frac{S_n}{S_m} = \frac{l_n}{l_m},$$

откуда после подстановки получим:

$$\frac{A_n}{A_m} = \frac{P_n \quad S_n}{P_m \cdot S_m} = \frac{V_n}{V_m} = \frac{l_n^3}{l_m^3};$$

$$\frac{P_n}{P_m} = \frac{l_n^2}{l_m^2}.$$

Следовательно, согласно теории Кика необходимые для измельчения усилия P прямо пропорциональны площади поперечных сечений или квадратам линейных размеров, а работа A прямо пропорциональна кубам линейных размеров, в то время как по теории Риттингера работы прямо пропорциональны площадям сечения.

По закону Кика можно сразу написать выражение работы, приходящейся на 1 $см^2$ измельченного материала при $V = 1$ $см^3$:

$$A = \frac{\sigma^2}{2E}.$$

При $\sigma = 1500$ $кг/см^2$ и $E = 450000$ $кг/см^2$ работа, необходимая для измельчения 1 $см^3$ крепкого материала, определяется следующим образом:

$$A = \frac{\sigma^2}{2E} = \frac{1500^2}{2 \cdot 450000} = 2{,}5 \ кгсм.$$

На основании целого ряда опытов установлено, что теорема Риттингера наиболее соответствует мелкому и тонкому измельчению, а теория Кика — крупному и среднему измельчению, а равно мелкому измельчению ударом.

При рассмотрении теории Риттингера, как наиболее применимой для тонкого измельчения, практически следует сделать следующий вывод.

Измельчение надо вести до соответствующей крупности зерна, дальнейшее измельчение, как ненужное, увеличит лишь бесполезный расход работы. На этом основании достаточно измельченные частицы надо тотчас же удалять из аппарата, тем более, что мелкие частицы, оставаясь в аппарате, будут мешать процессу измельчения более крупных частиц. Для осуществления этой задачи и применяются вместе с аппаратами для измельчения различного рода сортировочные аппараты, а процесс размола ведется так называемым «замкнутым» циклом.

§ 3. Дробилки

Существующие дробильные аппараты могут быть рассмотрены с двух основных точек зрения: по форме дробящих частей — челюстные, валь-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

цовые и молоточные — и по способу действия — периодические и непрерывные.

А. ЧЕЛЮСТНЫЕ ДРОБИЛКИ

1. Дробилки периодического действия

Челюстная дробилка периодического действия относится к наиболее старинному типу дробилки, изобретенной американцем Блеком в 1858 г. В настоящее время, после целого ряда конструктивных изменений, этот тип дробилки имеет большое распространение.

Типы дробилок. Существующие типы челюстных дробилок могут быть распределены по следующим группам:

а) По характеру движения подвижной челюсти:

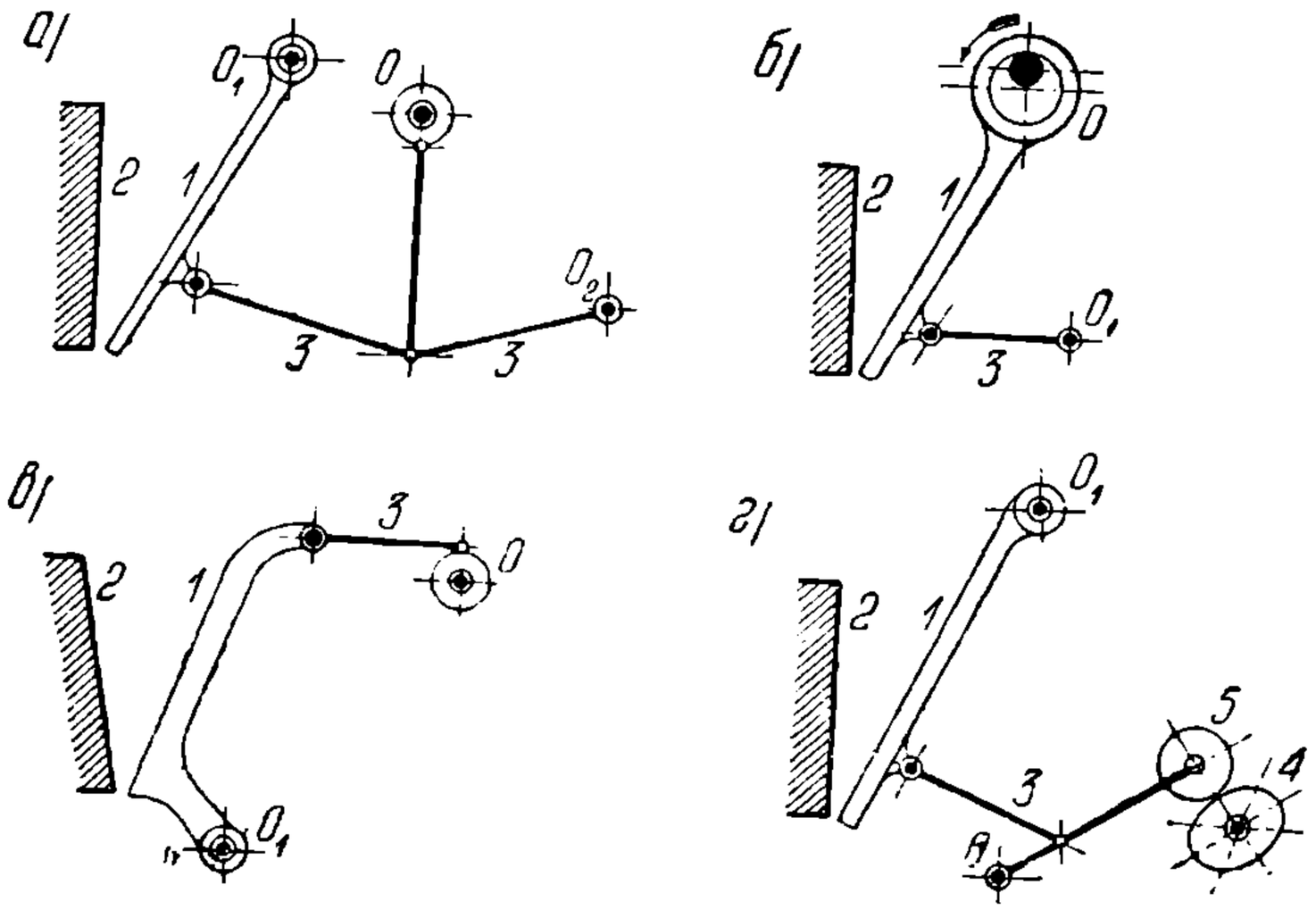


Рис. 101. Схемы челюстных дробилок периодического действия (по Л. Б. Левенсону).

1) с простым качательным движением, когда подвижная челюсть совершает качание вперед и назад, будучи укрепленной около неподвижной оси *O* (рис. 101, *а*);

2) со сложным качательным движением вперед и назад и одновременно с продольным движением вдоль поверхности челюсти. Подвижная челюсть в этом случае подвешивается к эксцентрику или кривошипу (рис. 101, *б*).

б) По подвешиванию качающейся челюсти:

1) Ось подвеса подвижной челюсти помещается у впускного отверстия (рис. 101, *а*, *б* и *г*), вследствие чего получается наибольший размах челюсти у выпускного отверстия. Эти дробилки могут быть как с простым, так и со сложным движением челюсти. В этом случае у дробилок наибольшее раздавливающее материал усилие при нажатии плиты создается вблизи точки ее привеса, чем достигается меньший изгибающий момент, что в свою очередь позволяет уменьшить размеры частей камнедробилки.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Вследствие наибольшего размаха подвижной челюсти у выпускного отверстия материал, выходящий из дробилки, получается больших размеров и менее однородного состава.

2) Ось подвеса подвижной челюсти помещается у в ы п у с к н о г о о т в е р с т и я (рис. 101,*в*), вследствие чего получается наименьший размах челюсти у этого отверстия. В этом случае у дробилок наибольшее раздавливающее материал усилие при нажатии плиты создается вдали от точки ее привеса, отчего увеличивается изгибающий момент, чем в свою очередь вызывается увеличение размеров частей дробилки. Последнее обстоятельство не позволяет делать эти дробилки больших размеров.

В этих дробилках материал по выходе из них получается меньших размеров и более равномерного состава, но при этом с большим количеством пылеобразования по сравнению с ранее описанными дробилками.

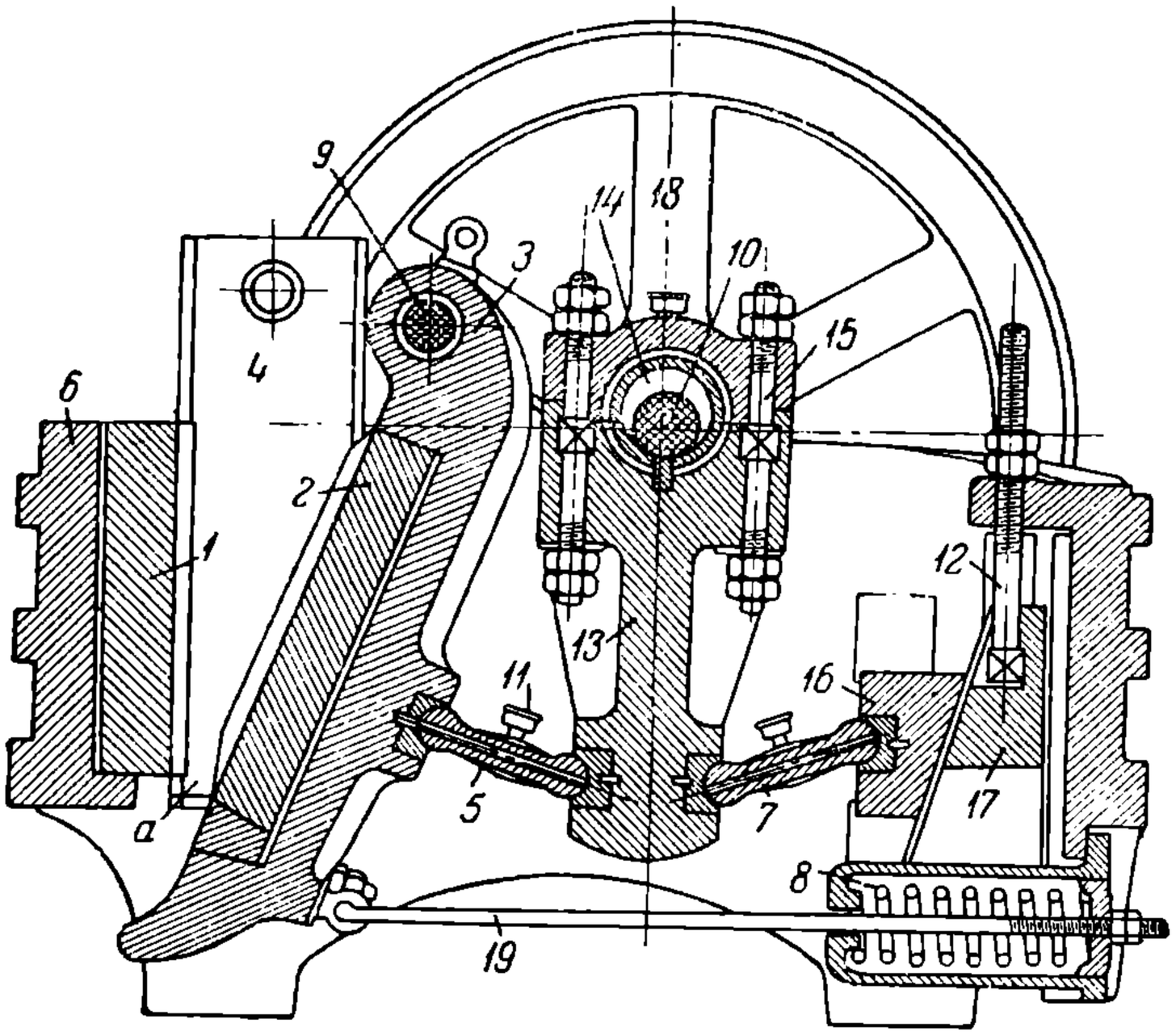


Рис. 102. Челюстная дробилка с простым движением челюсти и с шарнирно-рычажным механизмом (тип Блека).

При измельчении вязких материалов в этих дробилках возможно засорение выходного отверстия.

в) П о к о н с т р у к ц и и м е х а н и з м а д р о б и л о к:

1) дробилки с шарнирно-рычажным механизмом, приводимые в движение от эксцентрика, с простым или сложным движением челюсти (рис. 101, *а*, *б* и *в*),

2) дробилки с кулачковым механизмом (роликовый тип) и с простым движением челюсти (рис. 101, *г*).

В этих дробилках движение челюсти происходит вследствие вращения овального кулака *4*, или эксцентрика, насаженного на ось главного вала, двигающего ролик *5*, укрепленный на качающемся рычаге *3*, соединенном с подвижной челюстью *1*. Подвижная челюсть в этих дробилках при овальном кулачке получает два полных размаха при одном обороте

НВ УДУНТ (ДІІТ)

главного вала, вследствие чего последний может вращаться вдвое медленнее, чем в случае дробилки с шарнирно-рычажным механизмом. Эти дробилки, вследствие значительного количества трущихся частей, принадлежат к числу быстро изнашивающихся и требуют хорошей смазки.

Устройство дробилок. Челюстная дробилка типа Блек с простым движением челюсти представлен на рис. 102 (разрез).

Основными рабочими деталями дробилки являются неподвижная *1* и подвижная *2* челюсти, укрепленные друг против друга. Кусок материала, попадая между ними, при приближении подвижной челюсти и ее нажатии раздавливается и раскалывается; при отходе же подвижной челюсти раздробленный материал опускается в щель между челюстями, причем при последующем нажатии подвижной челюсти он подвергается дальнейшему измельчению, пока не достигает таких размеров, которые позволят ему выйти из выходной щели *a*.

Все рабочие детали дробилки укреплены на раме *6*, которая изготовляется массивной, обыкновенно цельной, отлитой из чугуна или стали, или из отдельных стальных пластин с ребрами, соединенных между собою стальными болтами *5*. Рама укрепляется на фундаменте при помощи фундаментных болтов.

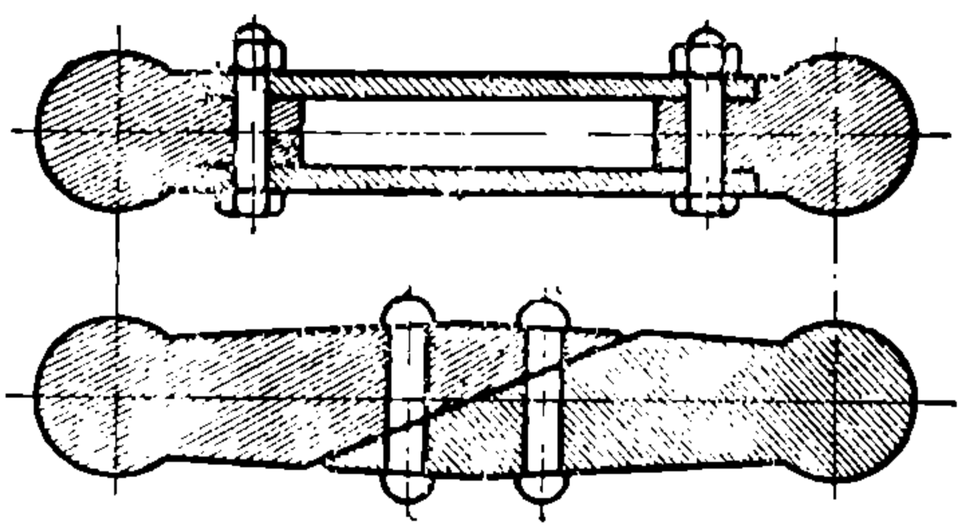


Рис. 103. Типы составных распорок.

На раму опирается при помощи подшипников главный вал с эксцентриком *10*, приводимый в движение посредством насаженных на него рабочего и холостого шкивов, соединенных с двигателем ременной или редукторной передачи. На главный вал насажены два маховых колеса *18* для придания равномерности движения главному валу дробилки. Эксцентриковый вал передает свое движение тяговому стержню *13*, насаженному на вал при помощи подшипника *14*. Тяговой стержень изготовляется из чугуна или высокосортной стали и служит для передачи основного усилия дробилки. Тяговой стержень при помощи предохранительных распорок *5* и *7* служит передаточным рычагом и соединяется с одной стороны с шатуном *3* подвижной челюсти, а с другой стороны — с клинообразным ползуном *16*.

Распорки работают на сжатие: концы их, вставленные в гнезда, имеют качание и скольжение. В виду затруднительности смазки распорок трущиеся части их должны обладать значительной твердостью. В большинстве случаев распорки служат предохранительной ломающейся частью на тот случай, если в дробилку попадает кусок постороннего металлического тела (например, болт, гайка и т. д.). Распорки иногда изготовляются составными на заклепках (рис. 103), количество которых берется с таким расчетом, чтобы они могли выдержать нормальные усилия; при повышении же усилий против нормальных происходит срез заклепок, без порчи других ответственных деталей дробилки.

Помощью эксцентрикового вала преобразуется вращательное движение главного вала в прямолинейное вертикальное движение тягового стержня, передающего качательное движение шатуну подвижной челюсти (рис. 102).

РВ УДУНТ (ДІІТ)

Шатун подвешен на стальной оси *9*, лежащей на подшипниках, укрепленных на раме дробилки. В передней части шатуна предусматриваются пазы для вставки челюсти, а задняя часть его изготовляется с ребрами для восприятия значительных изгибающих усилий. С той же стороны в нижней части шатуна предусматривается паз для вставки распорки *5*, причем чем ниже расположен этот паз, тем большее будет получаться давление на челюсть. Для обеспечения устойчивости системы распорок и открытия выходного отверстия *a* шатун подвижной челюсти при помощи прута *19* и стальной спиральной пружины *8* постоянно оттягивается в свое первоначальное положение. Неподвижная челюсть *1* вставляется в пазы, предусматриваемые в раме дробилки.

Боковые щеки *4* зева дробилки также изготовляются из цельных или составных стальных пластин, закладываемых по бокам в основной раме. Размер выходного отверстия обусловливается величиной материала, получаемого при дроблении; при этом в большинстве дробилок возможно величину выходного отверстия изменять в определенных пределах, для чего служит болт *12*, соединенный с клинообразным ползуном *17*, который посредством гайки можно подтягивать вверх или опускать вниз, увеличивая или уменьшая тем самым размер выходного отверстия. Как уже было раньше сказано, наиболее ответственными деталями челюстной дробилки являются ее дробящие челюсти, от исправного состояния которых зависит продуктивность работы и однородность получаемого материала. Материалом для изготовления челюстей дробилки служит сталистый или закаленный чугун для хрупких и мягких пород и хромистая или марганцовистая сталь для твердых пород. (Марганцовистая сталь содержит марганца от 6 до 12% и применяется для челюстей в литом виде, так как ковка этого материала затруднительна.) Рабочая поверхность челюстей обычно делается рифленой и состоит из трехгранных ребер. При износе ребер материал после дробления получается худшего качества, неоднородный, с большим количеством лещадок, а потому по мере износа челюстей таковые должны переворачиваться (верхней частью книзу) или сменяться. Рифление челюстей зависит от отношения высоты зуба к его основанию, которое бывает 1 2 или 1 : 3, чем обусловливается характер получаемого материала, т. е. крупность и однородность.

Износ челюстей зависит от твердости материала. Приблизительно считается, что одна пара челюстей для дробилок средних размеров должна выдержать раздробление от 1000 до 1500 $м^3$ каменного материала.

Смазка осуществляется масленками Штауфера *11*.

Данные для челюстных дробилок Блек см. в табл. 57.

Другим типом дробилки с шарнирно-рычажным механизмом и с осью подвижной челюсти, подвешенной у выходного отверстия, является дробилка конструкции «Доджа» (Dodge), изображенная на рис. 104.

Дробилка состоит из рамы *6*, установленной на балках *7*. На раме укреплены главный вал *10* с эксцентриком и вал *9* с шатуном *3*, на котором с одной стороны помещается подвижная челюсть *1*, а с другой стороны — вертикальный стержень, оканчивающийся пружиной *8*. Нижний конец стержня соединен с муфтой, насаженной на главный вал, приводимый в движение шкивом *12*. Для придания равномерного движения главному валу дробилки на нем насажены маховые колеса *11*. Против подвижной челюсти на той же раме укреплены неподвижная челюсть *2* и щеки *4*. Для поступления материала в дробилку служит воронка *5*.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 57

Данные для челюстных дробилок периодического действия (типа Блек)

Размер загрузочного отверстия *мм*	Приблизительная производительность в *т/час*, при выходе материала в *мм*										Оборотов в минуту в среднем	*ЛС* в среднем	Вес в *т* в среднем
	т/час	*мм*	*т/час*	*мм*	*т/час*	*мм*	*т/час*	*мм*	*т/час*	*мм*			
175 × 250	2,0	20	2,5	25	3,5	40	5,0	50	—	—	275	8	3
225 × 375	5,0	25	8,0	40	9,0	50	10,0	60	—	—	275	12	7
250 × 500	11,0	40	14,0	50	16,0	60	18,0	75	—	—	275	16	9
300 × 600	18,0	40	20,0	50	22,5	60	27,0	75	30,0	100	275	23	11
450 × 600	22,0	50	27,0	60	32,0	75	60,0	125	—	—	260	35	19
450 × 900	38,0	50	40,0	60	45,0	75	50,0	100	—	—	260	60	28
600 × 900	40,0	50	45,0	60	50,0	75	70,0	100	80	125	230	72	34
750 × 1 050	60,0	75	90,0	100	120,0	125	140,0	150	200	200	225	104	53
750 × 1 200	90,0	100	110,0	125	140,0	150	200,0	175	—	—	225	112	55
900 × 1 200	100,0	100	130,0	125	160,0	150	230,0	200	290,0	250	230	128	71
1 050 × 1 500	165,0	125	200,0	150	230,0	175	300,0	225	300,0	300	180	150	90
1 200 × 1 800	200,0	150	285,0	175	300,0	200	350,0	250	—	—	130	190	112
1 500 × 2 100	300,0	150	340,0	175	380,0	225	400,0	250	450,0	275	90	250	207
2 100 × 3 000	1200,0	250	1800,0	300	2600,0	350	—	—	—	—	75	500	400

НБ УДУНТ (ДІІТ)

У этой дробилки подвижная челюсть имеет наибольшее качание в верхней части, в нижней же части сохраняется постоянная ширина щели. Последнее обстоятельство обусловливает выход продукции равномерных размеров, но зато дробилка легко забивается, и во время работы образуется большее количество пыли. Ширина выходного отверстия регулируется прокладками в подшипниках вала, около которого качается рычаг.

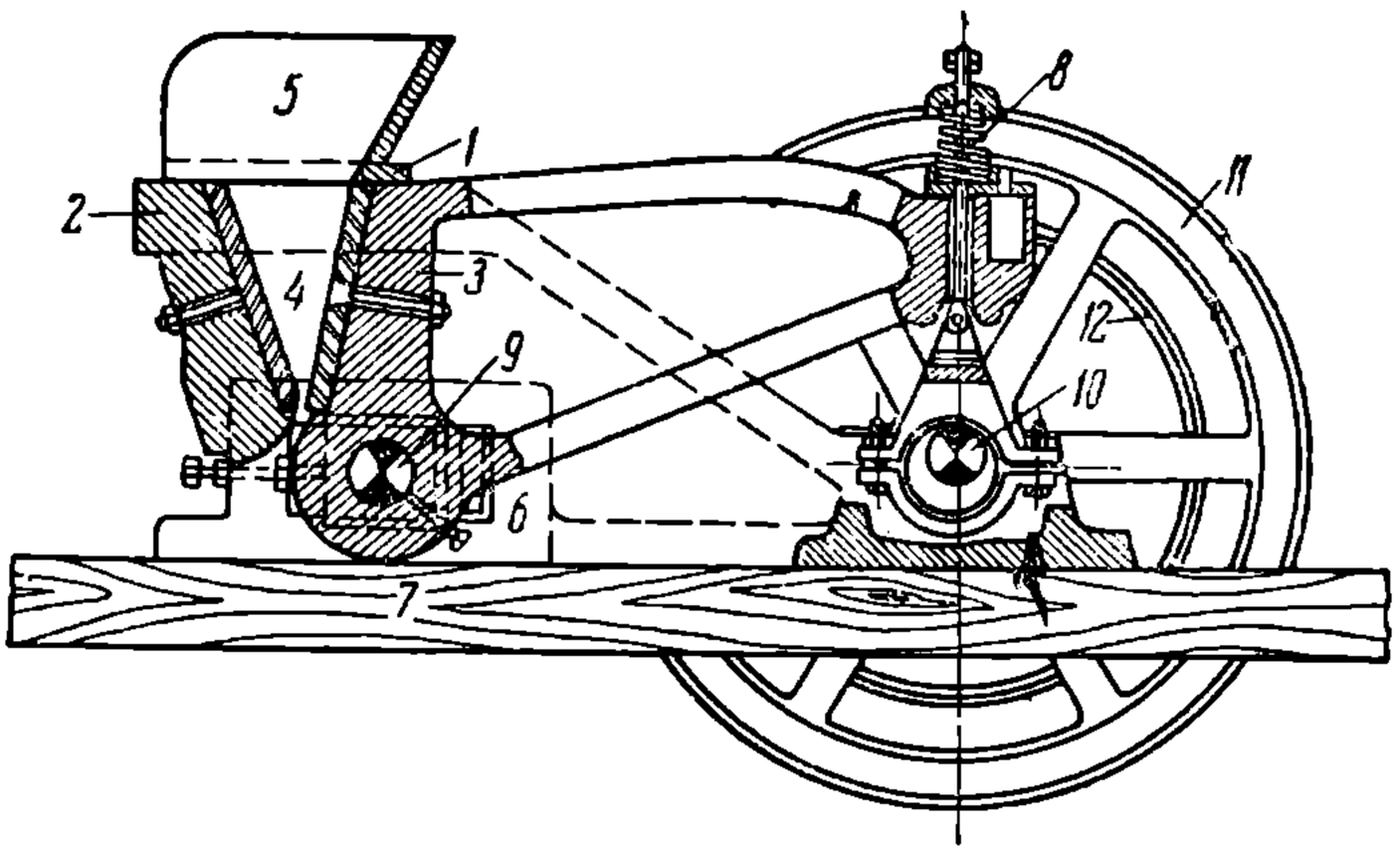


Рис. 104. Челюстная дробилка с простым движением челюсти и с шарнирно-рычажным механизмом (тип Доджа).

Дробилка типа Доджа применяется для среднего дробления и не изготовляется больших размеров.

Данные для челюстных дробилок Додж приведены в табл. 58.

Таблица 58

Данные для челюстных дробилок периодического действия (типа Додж)

Размер загрузочного отверстия *мм*	Приблизительная производительность в *т/час*, при выходе материала в *мм*				Оборотов в минуту в среднем	*ЛС* в среднем	Вес в *т* в среднем
	т/час	*мм*	*т/час*	*мм*			
100 × 150	0,5	20	—	—	300	3	0,5
150 × 225	2,0	20	3,5	40	300	5	1,5
175 × 275	—	—	6,0	40	300	7	2,5
200 × 300	3,5	20	7,5	40	300	10	3,0
275 × 375	6,0	20	14,0	40	300	15	6,5

Следующим типом дробилки с кулачковым механизмом является дробилка конструкции «Акме» (Acme), по типу которой изготовляются дробилки Рыбинским заводом.

На рис. 105 изображена дробилка с кулачковым механизмом. В этой дробилке подвижная челюсть *1*, подвешенная на валу *9*, качается посредством распорки *5*, приводимой в движение шатуном *3*, вращающимся вокруг оси *11*; последний приводится в движение роликом *12*, который скользит по эксцентрику главного вала *10*, установленного на раме *6*.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

Остальные детали дробилки; неподвижная челюсть *2*, щеки *4*, маховик *13* и шкив *14* также укреплены на раме.

Для оттягивания подвижной челюсти установлена пружина *8*, а для постоянного нажатия ролика на главный вал служит пружина *7*.

Ширина выпускного отверстия регулируется величиной распорки, которая вставляется через отверстие, имеющееся в продольной стенке рамы.

Недостатком этой дробилки является быстрый износ эксцентрика *10* и ролика *12* вследствие постоянного трения между ними.

К достоинствам челюстных дробилок периодического действия относятся простота их конструкции и несложность ремонта и ухода за ними.

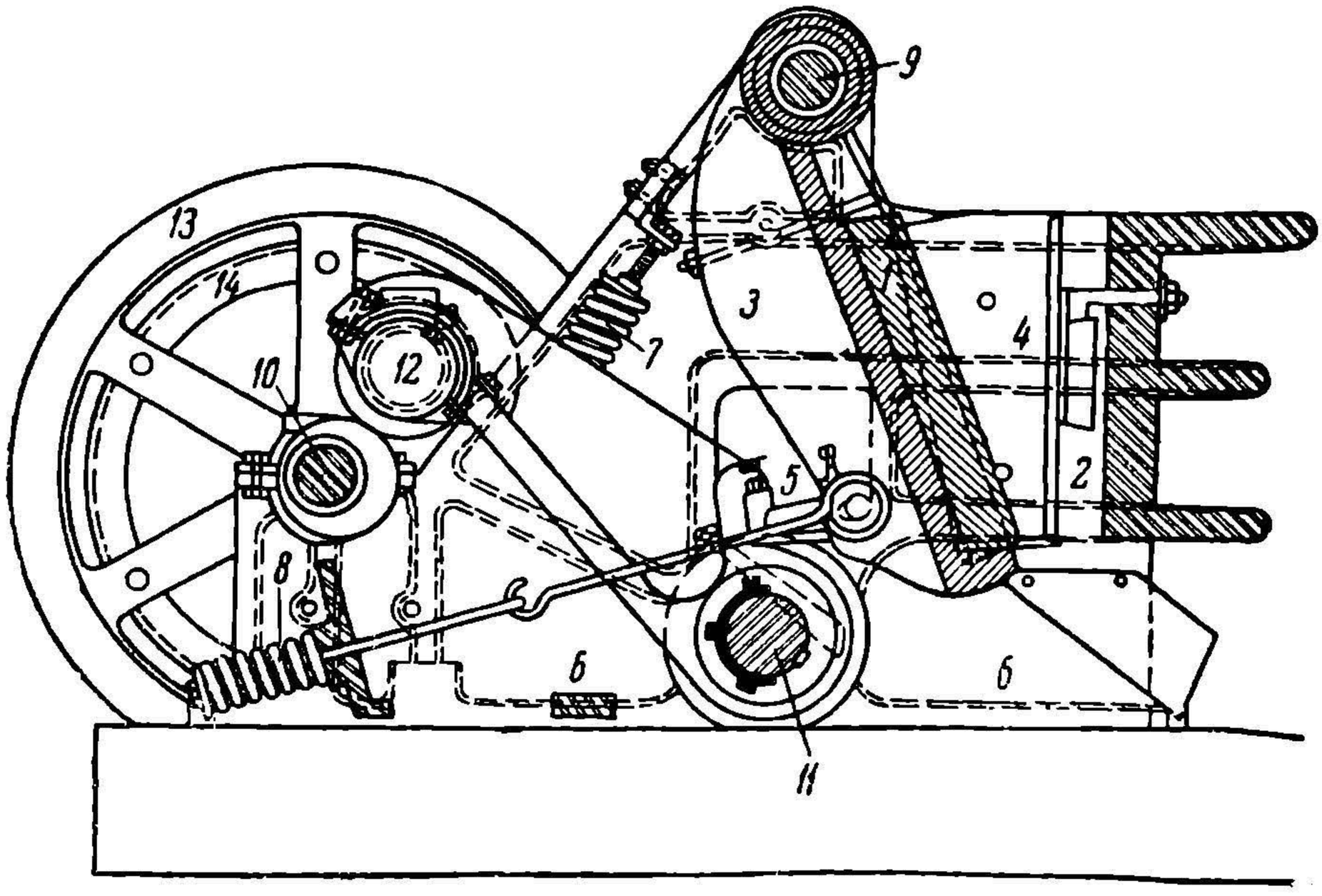


Рис. 105. Челюстная дробилка с простым движением челюсти и кулачковым механизмом (тип Блека).

К недостаткам их должны быть отнесены: неравномерность работы, наличие больших качающихся масс и неудобство установки в верхних этажах завода.

Расчетные данные. 1. Определение наибольшей величины силы раздавливания. Движение подвижной челюсти вызывает усилие, давящее на камень, зажатый между обеими челюстями. Величина этого усилия зависит от той силы, которая приложена к шкиву главного вала и соответственно к системе рычагов, передающих это усилие на подвижную челюсть, т. е.

$$N = \frac{P \quad 2\pi \cdot \varrho_1 \cdot n}{60 \cdot 75},$$

откуда сила, получаемая на окружности эксцентрика, будет:

$$P = \frac{60 \cdot 75 \cdot N}{2\pi \cdot \varrho_1 \cdot n} \approx 750 \frac{N}{n \cdot \varrho_1}.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Сила, отнесенная к тяговому стержню, изменяется по закону синусоиды от нуля в мертвой точке до наибольшего значения, равного P. Укрепленные на главном валу маховые колеса служат для уравновешивания неравномерного усилия, возникающего в результате взаимодействия дробильных челюстей при раздроблении куска породы.

Если через P обозначить усилие, прилагаемое в определенный момент к тяговому стержню, через α — угол между распоркой и горизонтальной линией, или, что то же, между подвижной и неподвижной челюстями, то давление P_1, которое посредством распорки передается на подвижную челюсть (из рис. 106), будет:

$$P_1 = \frac{P}{2 \sin \alpha}.$$

Когда тяговой стержень поднимается, α приближается к нулю; при этом значении сила P_1 приближается к бесконечности.

При изменении величины угла α, значение силы P_1 будет меняться следующим образом (см. табл. 59).

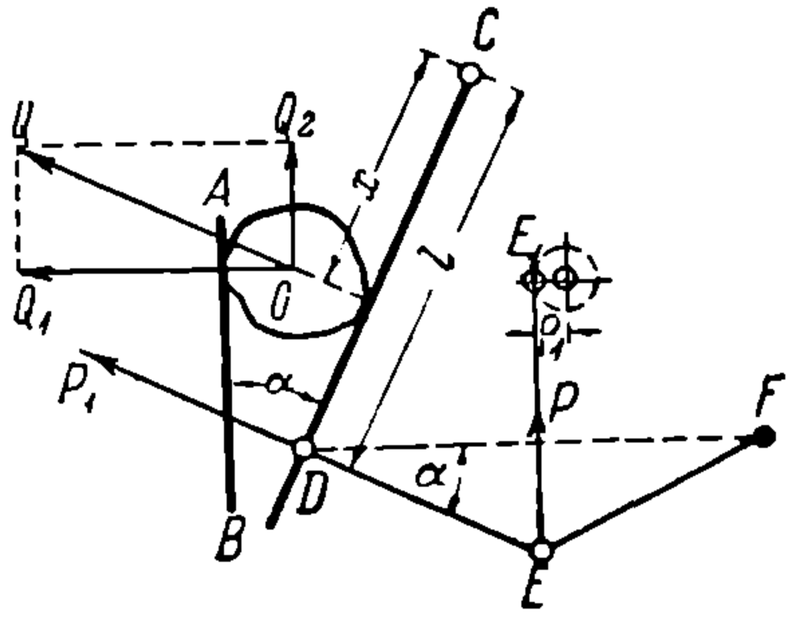


Рис. 106. Схема распределения усилий в челюстной дробилке.

Таблица 59

$\alpha°$	30	25	20	15	10	8	6	4	2	0
P	100	118	146	193	287	360	476	718	1435	∞

В виду того, что при горизонтальном положении распорок усилие в них $P_1 = \infty$, легко может произойти поломка дробилки вследствие случайного попадания между челюстями какого-нибудь куска твердой породы или металла, поэтому практически распорки устанавливаются таким образом, чтобы, будучи в крайнем верхнем положении, они образовали между собою тупой угол.

Во время передвижения тягового стержня перемещение точки D настолько мало, насколько становится меньше угол. Во время подъема тягового стержня подвижная челюсть приближается к неподвижной с постепенно убывающей скоростью и с все возрастающей величиной силы.

Давление на тело, расположенное от точки вращения C на расстоянии x, может быть определено из следующего уравнения:

$$Q \cdot x = P_1 \cdot l; \quad Q = P_1 \cdot \frac{l}{x} = \frac{P \cdot l}{2 \cdot x \cdot \sin \alpha},$$

где l — расстояние от точки D до точки вращения C.

Из этой формулы видно, что сила раздавливания при одинаковом значении P прямо пропорциональна l — длине челюсти и обратно пропорциональна x и величине угла α, т. е. наибольшая сила раздавливания проявляется в верхней части дробильного зева при наибольшей длине челюстей и при наименьшем угле между ними.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

2. Определение наивыгоднейшего угла между подвижной и неподвижной челюстями.[1] При дроблении материала необходимо, чтобы отдельные куски его не выскакивали из зева дробилки, что зависит преимущественно от величины угла между челюстями. Сила Q давления подвижной челюсти на камень, приложенная к точке касания ее с камнем, может быть разложена на две силы: вертикальную $Q \sin \alpha$ и горизонтальную $Q \cos \alpha$ (рис. 107).

Нормальная сила вызывает соответствующую силу трения fQ, где f — коэфициент трения между камнем и челюстью. При разложении сил видим, что для возможности процесса дробления необходимо, чтобы существовало неравенство

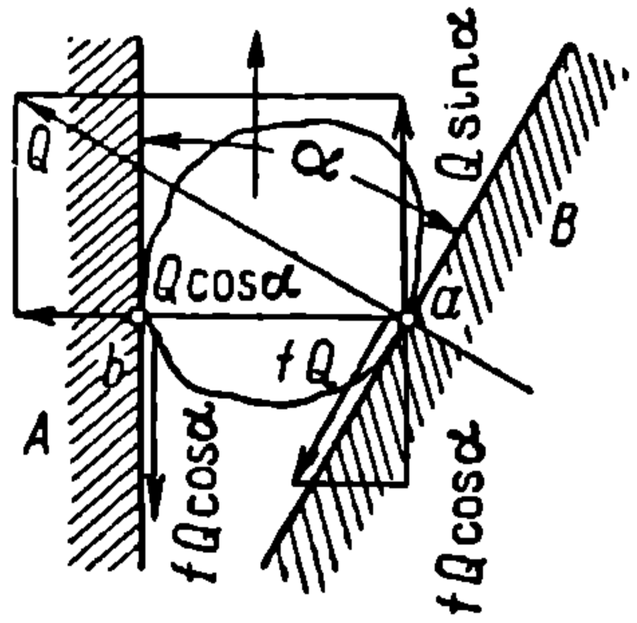


Рис. 107. Определение наивыгоднейшего угла между челюстями.

$$Q \cdot \sin \alpha < f \quad Q \cdot \cos \alpha + f \quad Q \cdot \cos \alpha$$

или

$$Q \cdot \sin \alpha < 2f \quad Q \cdot \cos \alpha,$$

откуда

$$\operatorname{tg} \alpha < 2f \text{ или } \alpha < 2\varphi,$$

т. е. угол между челюстями должен быть меньше двойного угла трения.

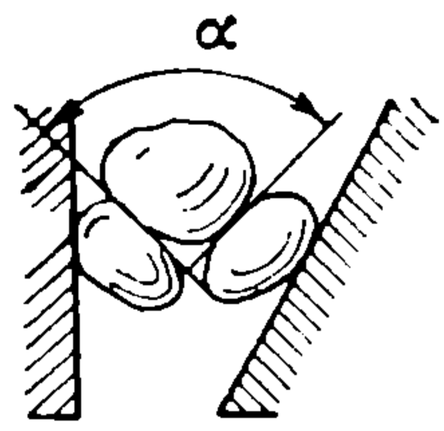


Рис. 108. Заклинивание камня мелкими кусками.

Угол трения между челюстью и материалом определяется равенством $\operatorname{tg} \varphi = f$; если принять $f = \operatorname{tg} \varphi = 0{,}30$, то угол $\varphi = 17°$, — следовательно, $\alpha < 2\varphi < 2 \cdot 17 = 34°$.

Практически угол α принимают в пределах от 20 до 25° или, соответственно этому, глубина пасти в 2,0—2,5 раза более ширины ее по верху.

Таким образом, при соблюдении условия $\alpha < 2\varphi$ кусок материала, попадающий в зев дробилки, не должен выскакивать; тем не менее, при наблюдении за процессом дробления можно заметить, что отдельные куски материала все же имеют стремление выскочить вверх из зева дробилки. Подобное явление может быть объяснено тем, что отдельные куски материала заклиниваются между другими кусками, причем в этом случае получается: $\alpha > 2\varphi$, где φ — угол трения камня о камень (рис. 108).

3. Определение числа оборотов главного вала. Для определения числа оборотов главного вала допустим, что наименьшая ширина выпускной щели равна e, ход качающейся челюсти равен s и угол α — постоянен (рис. 109). При удалении качающейся челюсти из положения C в положение C' может опуститься вниз часть материала призматической формы с трапецоидальным сечением, с длиной, равной длине выпускного отверстия L, измеряемой перпендикулярно к плоскости чертежа. Площадь этой трапеции будет

$$F = \frac{[e + (e + s)] \cdot h}{2} = \frac{(2e + s) \cdot h}{2},$$

причем высота трапеции $h = \dfrac{s}{\operatorname{tg} \alpha}$.

[1] Все дальнейшие расчеты для челюстных дробилок ведем по данным проф. Л. Б. Левенсона, Машины для обогащения, 1933.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Но для опускания призмы материала необходимо, чтобы время падения призмы соответствовало времени одного отхода качающейся челюсти.

Если дробилка делает m_1 двойных качаний в минуту, то время отхода, т. е. время одного качания, в секундах будет

$$t = \frac{1}{2} \quad \frac{60}{m_1} = \frac{30}{m_1}$$

Но так как, на основании закона для свободно падающих тел, путь, пройденный этим телом, равен

$$h = 0{,}5 \cdot g \cdot t^2 = 0{,}5 \cdot g \left(\frac{30}{m_1}\right)^2 = \frac{450 \cdot g}{m_1^2},$$

а из предыдущего имеем

$$h = \frac{450 \cdot g}{m_1^2} = \frac{s}{\operatorname{tg} a},$$

то

$$m_1 = \sqrt{\frac{450 \quad g \quad \operatorname{tg} a}{s}} = 665 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} a}{s}}$$

При наиболее часто встречаемом на практике угле $\alpha = 20°$

$$n = m_1 = 665 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} 20°}{s}} = \frac{400}{\sqrt{s}},$$

т. е. число оборотов главного вала дробилки обратно пропорционально корню квадратному из величины хода челюсти у выпускного отверстия.

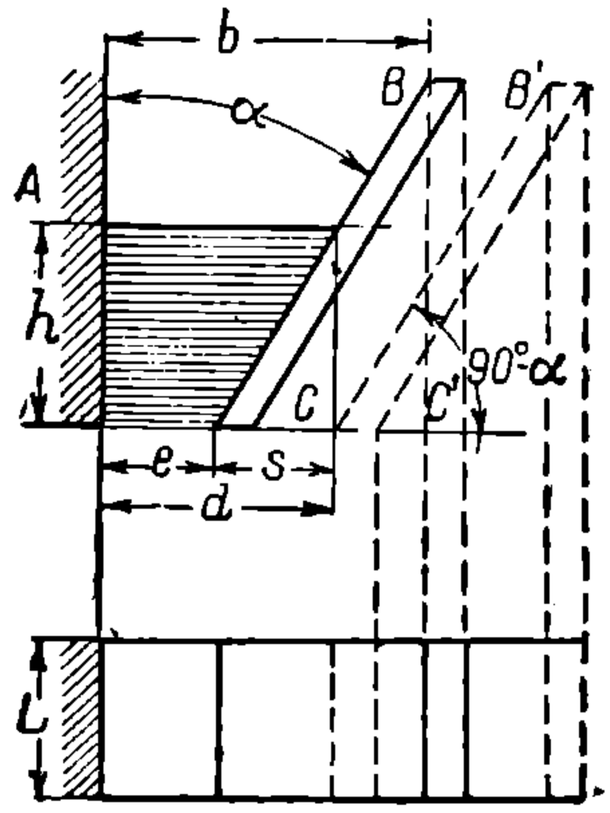


Рис. 109. Определение числа оборотов главного вала.

Величина хода подвижной челюсти, в зависимости от размеров дробилки, колеблется от 1,2 до 4,0 *см*.

Пример 1. Определить число оборотов главного вала для дробилки с шарнирно-рычажным механизмом, если ход челюсти равен 2,6 *см*.

$$n = m_1 = \frac{400}{\sqrt{s}} = \frac{400}{\sqrt{2{,}6}} = 250 \ об/мин.$$

Пример 2. Условие то же, что в примере 1, но для дробилки с кулачковым механизмом.

$$n = \frac{m_1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{400}{\sqrt{s}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{400}{\sqrt{2{,}6}} = 125 \ об/мин.$$

При дробилке шарнирно-рычажного типа число m двойных качаний челюсти в 1 мин. равно числу оборотов главного вала n, т. е. $m = n$.

При дробилке кулачкового типа с овальным эксцентриком челюсть в большинстве случаев делает два полных качания при одном обороте главного вала n, т. е. $m = 2\,n$.

4. Определение производительности. Производительность дробилки характеризуется размером входного отверстия (длиной и шириной), размером выходного отверстия, соответствующего размерам материала, числом оборотов и другими данными.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Если принять, что поступающие в дробилку и выходящие из нее куски материала имеют форму, близкую к шару, с диаметрами соответственно D_1 и d_1, то степень измельчения материала будет

$$\Sigma = \frac{D_1}{d_1}.$$

Согласно рис. 109, наибольшая ширина выходного отверстия $e + s = d$; тогда объем призмы материала, опускающегося за один отход челюсти, будет равен (в куб. сантиметрах):

$$V = F \cdot L = \frac{e + d_1}{2} h \cdot L,$$

где

$$h = \frac{s}{\operatorname{tg} \alpha};$$

следовательно,

$$V = \frac{(e + d_1)\, s}{2 \operatorname{tg} \alpha} L,$$

а вес этой призмы, выраженной в граммах, составит

$$G = \gamma \cdot V = \frac{e + d_1}{2} \cdot \gamma \cdot \frac{L \cdot s}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Если принять число двойных качаний подвижной челюсти в минуту равным n и для надежности расчета ввести коэфициент разрыхления μ, то производительность дробилки в *кг/час* будет

$$Q = \mu \cdot \frac{G \cdot n \cdot 60}{1000},$$

или, подставляя значения для G и V, получим:

$$Q = \mu \frac{e + d_1}{2} \cdot \gamma \cdot \frac{L \cdot s}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{n \cdot 60}{1000}.$$

Если приблизительно считать, что $d_1 + e = 2d_1$ и $\operatorname{tg} \alpha = 0{,}4$, то после подстановки и подсчетов получим следующую упрощенную формулу для определения производительности дробилки:

$$Q = \mu \quad d_1 \cdot \gamma \quad L \cdot s \quad n \cdot 0{,}15.$$

Коэфициент разрыхления материала μ принимается от 0,4 до 0,7.

Для больших степеней измельчения коэфициент разрыхления следует выбирать поменьше, точно так же, как и для дробилки системы «Додж», имеющей малый размах челюсти у выпускного отверстия, легко загромождаемого мелкими кусками. Точная величина μ может быть установлена только опытом.

Пример. Определить ход челюсти в дробилке производительностью 365 *т/час* при дроблении гранита, если размер поступающих кусков — 75 *см*, размер выходящих кусков — 25 *см*, коэфициент разрыхления — 0,5, насыпной вес материала 2,5 *т/м*^{3}, число двойных качаний челюсти в минуту, равное числу оборотов главного вала, — 200, длина выпускного отверстия в дробилке 150 *см*.

Из формулы

$$Q = \mu \cdot d_1 \cdot \gamma \cdot L \cdot s \cdot n \cdot 0{,}15$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

определяем:

$$s = \frac{Q}{\mu \cdot d_1 \quad \gamma \cdot L \cdot n \cdot 0{,}15} = \frac{365000}{0{,}5 \cdot 25 \cdot 2{,}5 \cdot 150 \cdot 200 \cdot 0{,}15} \approx 2{,}6 \text{ } см.$$

Кроме приведенных ранее формул для определения производительности челюстных дробилок, существует еще эмпирическая формула, сравнительно точная для всех дробилок, кроме самых малых и самых больших:

$$Q = \frac{0{,}093 \quad b \cdot L}{i} = 0{,}093 \cdot l \cdot d,$$

так как

$$\Sigma = \frac{D_1}{d_1} = \frac{b}{d_1}.$$

Для приведенного примера будет

$$Q = 0{,}093 \cdot L \cdot d_1 = 0{,}093 \quad 150 \cdot 25 = 348{,}75 \text{ } т/час.$$

По Трескотту [1] производительность челюстной дробилки можно в среднем принять около 0,1 *т/час* на 1 кв. дюйм (около 6,5 $см^2$) площади впускного отверстия.

5. О п р е д е л е н и е п о т р е б н о й м о щ н о с т и д л я д в и г а т е л я. Формула для определения потребной мощности для двигателя, предлагаемая проф. Л. Б. Левенсоном, имеет следующий вид:

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot L \cdot n \cdot (D_1^2 - d_1^2)}{1720000 \cdot E}$$

Эта формула, выведенная на основании закона Кика, дает только приближенные данные и применение ее затрудняется отсутствием значений модуля упругости E для многих материалов, которые дробятся в челюстных дробилках.

Поэтому выбирать мощность двигателя для дробилок приходится в большинстве случаев по данным опыта и по каталогам.

2. Дробилки непрерывного действия

Дробилка непрерывного действия впервые появилась в 1885 г. в США. В настоящее время, после различных конструктивных изменений, этот тип дробилки начинает захватывать все большие и большие области различных производств.

Типы дробилок. Существующие типы дробилок могут быть подразделены по следующим группам:

а) П о ф о р м е п о д в и ж н о й д р о б я щ е й ч а с т и:

1) Дробящая часть конструируется в виде усеченного конуса, установленного вертикально; сюда относятся дробилки системы Гейтса (Gates), Мак-Кулли (Mac-Cully), Саймонса (Symons) и Тельсмита (Telsmith).

2) Дробящая часть изготовляется в виде валика цилиндрической формы, установленного горизонтально; сюда относится дробилка системы Охайо (Ohio), изготовляемая заводом Джемс Бинс Фаундри (James H. Beans Foundry Co).

б) П о к о н с т р у к ц и и м е х а н и з м а д р о б и л к и:

1) с вертикальным подвижным валом с нижней опорой (система Гэйтса);

---

[1] S. I. T r u s c o t t, A text-book of ore dressing, London, 1923.

НВ УДУНТ (ДІІТ)

2) с вертикальным подвижным валом с верхней опорой (системы Мак-Кулли и Саймонса);

3) с вертикальным неподвижным валом (система Тельсмита);

4) с горизонтальным подвижным валом (система Охайо).

в) По способу передвижения поступающего материала:

1) с передвижением материала под действием силы тяжести (системы Гэйтса, Мак-Кулли, Тельсмита, Охайо);

2) с передвижением материала под действием центробежной силы (система Саймонса).

Устройство дробилок. В дальнейшем разберем два типа дробилок по форме подвижной части: 1) дробилки с подвижной частью в виде усеченного конуса, которые будем называть конусными, 2) дробилки с подвижной частью в виде цилиндрического валика, которые будем называть цилиндрическими.

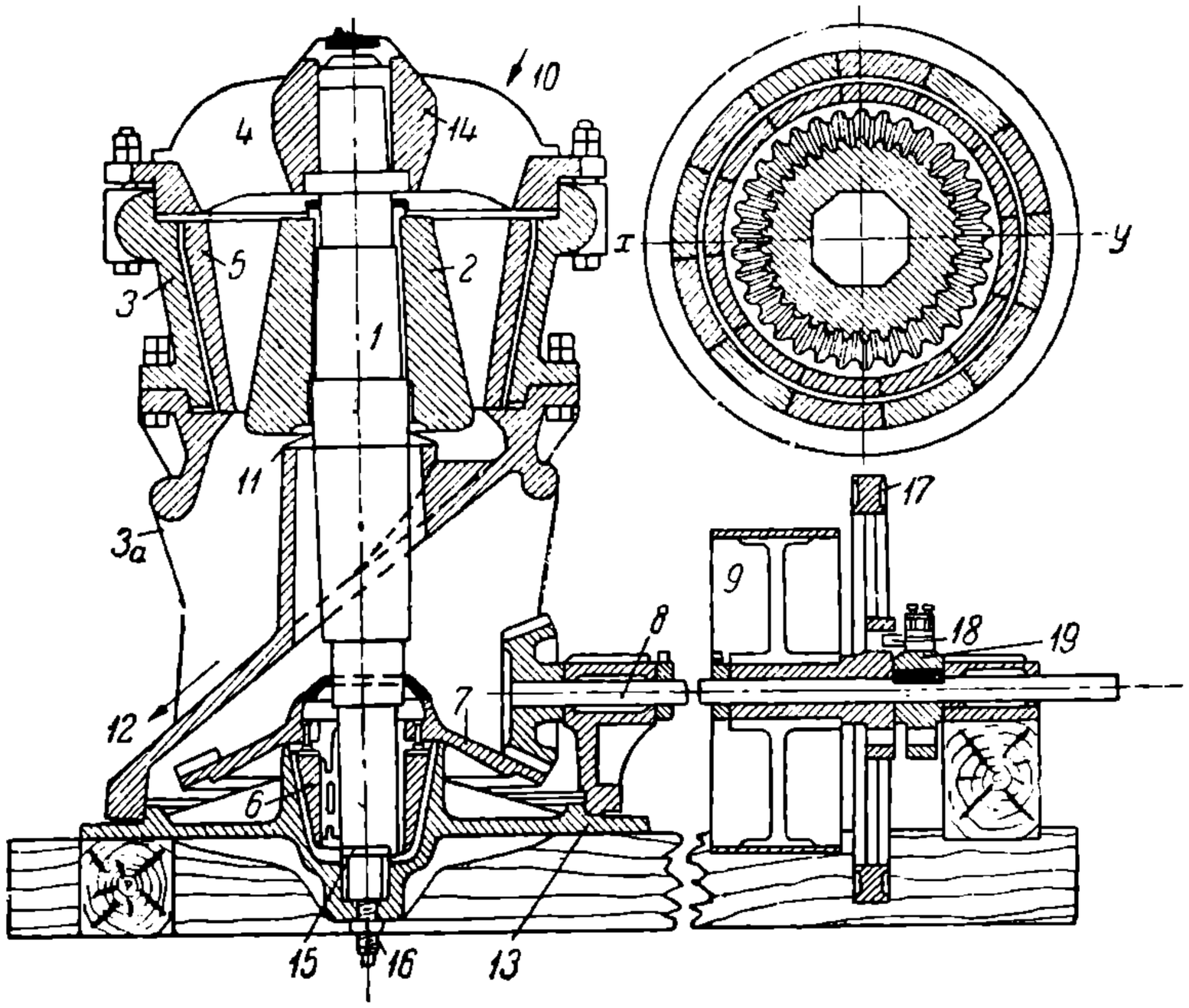


Рис. 110. Челюстная дробилка непрерывного действия (конусная) с вертикальным подвижным валом и с нижней опорой.

Конусные дробилки характеризуются кольцевым, сужающимся книзу рабочим пространством, образованным двумя усеченными конусами, обращенными своими расширенными частями в противоположные стороны.

Рис. 110 изображает разрез дробилки системы Гэйтса с вертикальным подвижным валом и с нижней опорой.

Дробилка состоит из вертикального вала *1*, на который насажен дробящий гладкий или рифленый конус *2*. Вертикальный вал верхней своей частью упирается в подшипник *14*, укрепленный в поперечной дугообразной крестовине *4*, опирающейся на конусную раму *3* дробилки. Вал ниж-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

ней своей частью входит в эксцентриковый подшипник *6*, который приводится в движение посредством конических зубчаток *7* от горизонтального вала *8*, со шкивом *9*, в свою очередь соединенным с электродвигателем. Шкив и маховик не скреплены с валом, но соединены с укрепленным на подшипнике *19* предохранительным винтом *18* с маховиком *17*, прочно закрепленным на валу. В случае перегрузки дробилки до появления опасных напряжений таковые передаются винту, который срезается, и аппарат переводится на холостой ход. Конусная рама *3* дробилки, играющая роль неподвижной челюсти, с внутренней стороны выложена гладкими или ребристыми пластинами *5* и в свою очередь, опирается на основную раму *3а* дробилки, служащую для размещения рабочих частей дробилки и спускного лотка *12*, по которому происходит скатывание раздробленного продукта. Основная рама заканчивается внизу днищем *13*. Материал, подлежащий измельчению, подается в приемную воронку *10*. Для регулирования размеров выходного отверстия, а следовательно и величины дробимого материала, в нижней части вертикального вала устанавливается вкладыш *15*, соединенный с болтом *16*, посредством которого возможны подъем или опускание вала. В целях предупреждения попадания пыли в механизм дробилки на вертикальном валу укрепляются так называемые воротники *11*. Для соединения дугообразной крестовины с конусной и основной рамами служат болты.

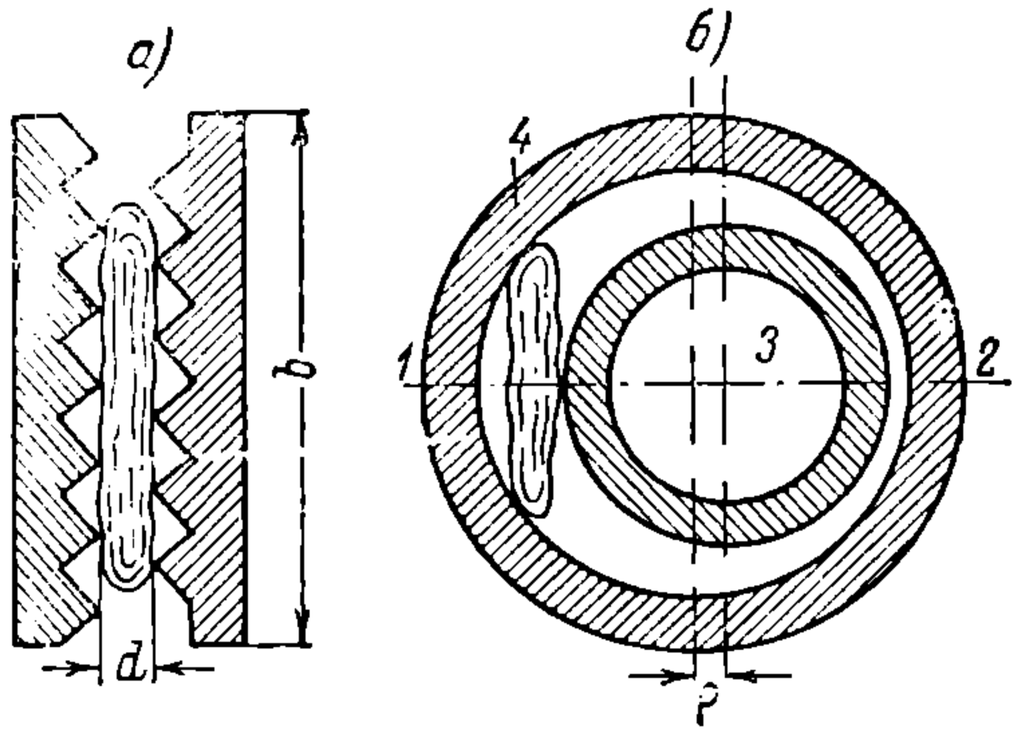


Рис. 111. Схема раздавливания материала в челюстных дробилках.

Для благоприятной работы приводного механизма последний нуждается в хорошей смазке, которая и осуществляется в дробилках различными способами, в зависимости от их конструкции.

Схема раздавливания материала в дробилках показана на рис. 111 (*а*—периодического действия, *б* — непрерывного действия).

Дробление материала происходит вследствие того, что вертикальный вал под действием кругового маятникообразного движения будет приближать или удалять насаженный на него дробящий конус от внутренней поверхности камеры для дробления.

Из схемы нетрудно видеть, что куски материала, поступающие сверху из приемной воронки, будут прижиматься в точке дробящим конусом *3* к плитам конусной рамы *4* и под действием возникающей силы раздавливаться и дробиться.

При перемещении дробящего конуса к точке *2* дроблению подвергнутся куски материала, расположенные в этой точке, а раздробленный материал из точки *1* переместится в более узкое место, где он при повторном нажатии дробящего конуса подвергнется дальнейшему измельчению.

Такая работа по измельчению будет продолжаться до тех пор, пока материал не достигнет таких размеров, которые ему позволят провалиться через нижнее выходное отверстие на отводящий лоток.

На рис. 112 изображена дробилка системы Мак-Кулли с вертикальным подвижным валом и с верхней опорой.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Дробилка состоит из вертикального вала *1*, на который насажен дробящий гладкий или ребристый конус *2*. Вертикальный вал верхней своей частью подвешен при помощи шарового или кольцевого вкладыша *16* в поперечной дугообразной крестовине *4*, опирающейся на конусную раму *3* дробилки. Нижняя часть вала входит в эксцентриковый подшипник *6*, который приводится в движение посредством конической зубчатой передачи *7* от горизонтального вала *8* со шкивом *9*, в свою очередь получающим движение от двигателя. Конусная рама *3* дробилки, представляющая собою неподвижную челюсть, с внутренней стороны выложена гладкими или ребристыми пластинами *5* и в свою очередь опирается на основную раму *3а* дробилки, служащую для размещения рабочих частей дробилки и спускного лотка *12*, по которому происходит скатывание готового материала. Основная рама заканчивается внизу днищем *13*, *14*. Материал, подлежащий дроблению, подается в приемную воронку *10*.

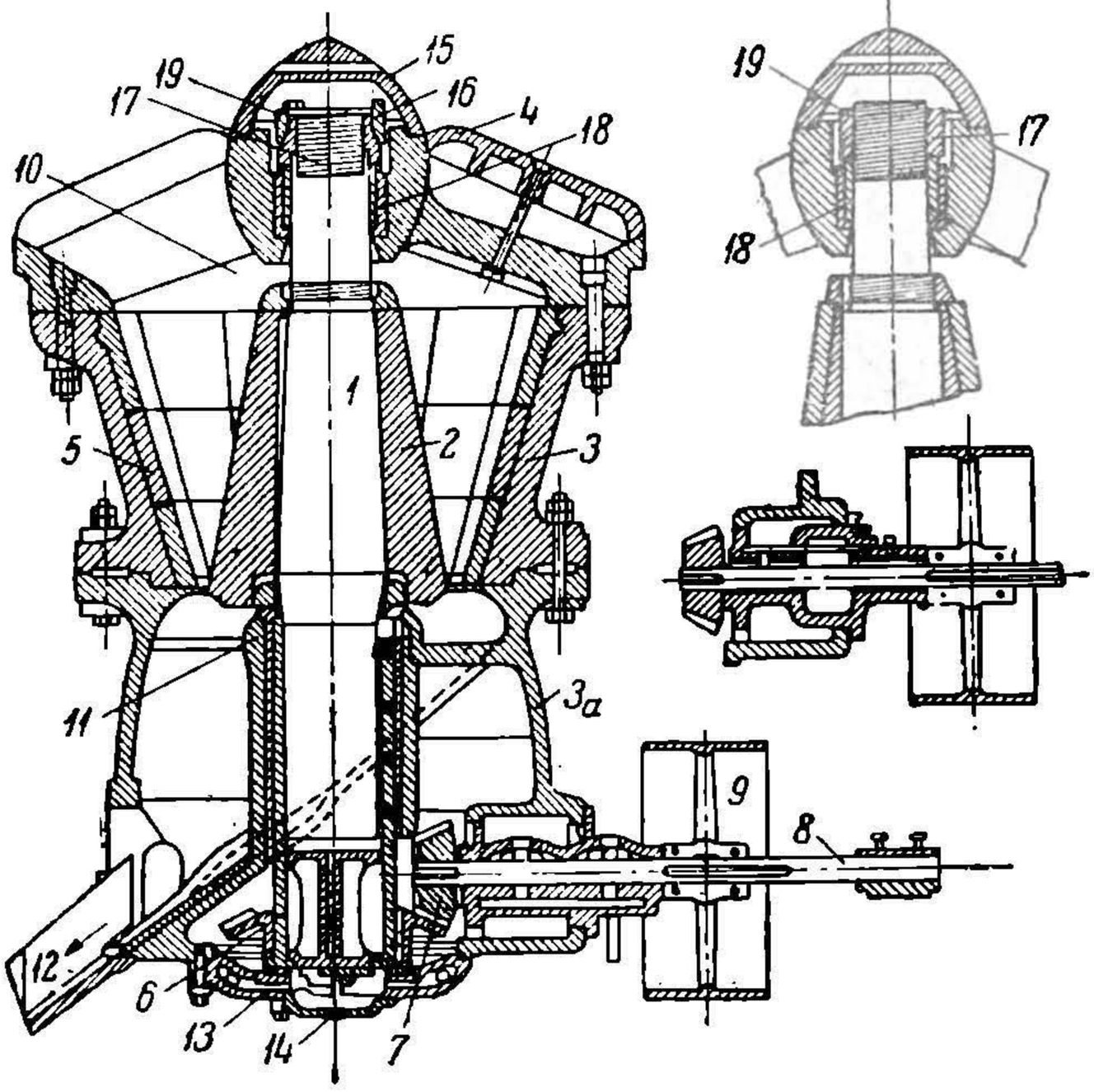


Рис. 112. Челюстная дробилка непрерывного действия (конусная) с вертикальным подвижным валом и с верхней опорой.

Для регулирования размеров выходного отверстия, а следовательно и величины дробимого материала, на верхней части вертикального вала под колпаком *15* устанавливается гайка *17*, посредством которой возможно поднятие или опускание вала вместе с дробящим конусом.

Для регулирования работы вертикального вала вместе с дробящим конусом внутри крестовины установлены два кольца: поддерживающее *18* и регулирующее *19*.

В отношении предупреждения попадания пыли в механизм и смазки последнего принимаются те же меры (воротник *11*), которые были указаны при описании дробилки системы Гэйтса.

Данные для дробилки систем Гэйтса и Мак-Кулли см. в табл. 60.

Другой тип конусной дробилки, изготовляемый американским заводом Smith Engineering Works и известный под названием дробилки Тельсмита (Telsmith), изображен на рис. 113.

Отличительной особенностью этой дробилки является то, что ее вертикальный вал *1* неподвижно закреплен вверху (крестовина *4*) и внизу (днище *13*), а движение подвижного рабочего конуса *2* производится по-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 60

Размер загрузочного отверстия *мм*	Приблизительная производительность в *т/час*, при выходе материала *мм*				Оборотов в минуту в среднем	*ЛС* в среднем	Вес в *т* в среднем
	т/час	*мм*	*т/час*	*мм*			
65 × 350	0,7	12	0,5	10	290	4	0,3
200 × 940	36,0	50	14,0	25	184	25	8,0
300 × 1200	70,0	75	39,0	50	148	45	14,0
350 × 1400	95,0	90	60,0	60	146	75	20,0
400 × 1500	150,0	115	100,0	65	142	100	30,0
500 × 2000	275,0	130	150,0	75	130	150	52,0
650 × 2500	400,0	150	225,0	90	126	200	80,0
750 × 3000	450,0	165	265,0	100	126	225	87,0
900 × 3500	600,0	180	370,0	115	122	250	127,0
1000 × 3800	700,0	190	410,0	130	122	275	140,0
1000 × 3800	1000,0	190	600,0	130	102	275	201,0
1200 × 4300	1800,0	230	1100,0	140	96	350	260,0
1400 × 4800	2100,0	240	1350,0	160	87	400	300,0
1500 × 5300	2400,0	250	1600,0	180	80	450	475,0
1800 × 6150	3400,0	300	2500,0	230	70	500	700,0

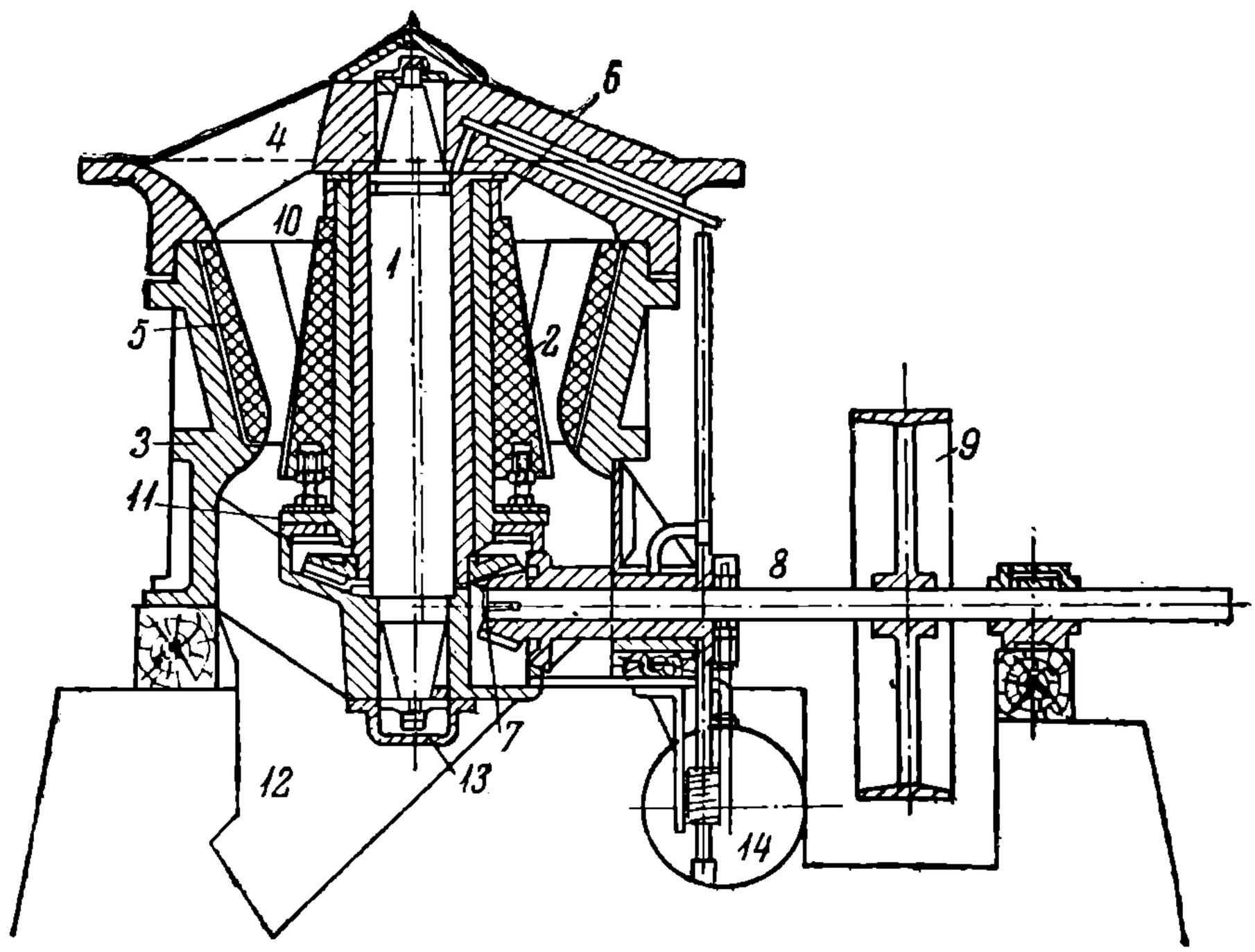


Рис. 113. Челюстная дробилка непрерывного действия (конусная) с вертикальным неподвижным валом.

мощью эксцентриковой втулки *6*, помещающейся между вертикальным валом и дробящим конусом. Эксцентриковая втулка приводится во вра-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

щение от конической зубчатой передачи *7*, соединенной с горизонтальным валом *8* и со шкивом *9*.

Конусная рама *3* дробилки, представляющая собою неподвижную челюсть, с внутренней стороны выложена гладкими или ребристыми плитами. Материал, подлежащий измельчению, подается в воронку *10*. Для выхода дробленого материала устанавливается лоток *12*. Регулирование выходного отверстия, а следовательно и величины дробимого материала, производится перестановкой гладких или ребристых плит той или иной толщины.

В виду значительного трения больших соприкасающихся плоскостей вращающихся рабочих частей подобный тип дробилки снабжается смазкой под давлением, поступающей из насоса *14*, который приводится в движение от горизонтального вала. Обозначение детали *11* см. рис. 112.

Вследствие приложения движущейся силы непосредственно к дробящему конусу, а не на конце вертикального вала, как в других типах конусных дробилок, дробилки Тельсмита отличаются меньшими габаритными размерами и весом. Кроме того, в этих дробилках амплитуда движения одинакова для всех точек дробящего конуса; эта особенность конструкции является преимуществом их при измельчении вязких и слабых пород, но недостатком при измельчении прочных и хрупких пород.

Таблица 61

Размеры загрузочного отверстия *мм*	Приблизительная производительность в *т/час*, при выходе материала в *мм*						Оборотов в минуту в среднем	*ЛС* в среднем	Вес в *т* в среднем
	т/час	*мм*	*т/час*	*мм*	*т/час*	*мм*			
180— 940	13— 16	25	16— 19	30	19— 21	40	475	15	5,2
200—1040	24— 27	30	27— 30	40	30— 33	45	450	20	6,8
250—1220	35— 39	40	39— 44	45	44— 49	50	425	25	9,1
310—1400	67— 76	50	76— 85	60	85— 95	75	350	40	13,9
360—1780	120—150	60	150—175	75	175—200	90	275	50	22,7
460—1900	165—190	60	190—225	75	225—250	90	260	60	25,4
530—2300	325—400	90	400—480	100	—	—	260	90	45,4

На рис. 114 изображена дробилка системы Саймонса с укороченным вертикальным подвижным валом и с нижней опорой. Дробилка состоит из вертикального вала *1*, на который насажен дробящий конус *2*. Вертикальный вал в нижней своей части поддерживается посредством эксцентриковой втулки *6*, которая приводится в движение посредством конической передачи *7* от горизонтального вала *8*.

Рама дробилки *10*, в верхней своей части имеющая конусную форму, с внутренней стороны выложена пластинами *5*; в нижней своей части она оканчивается дном *13*.

Для равномерного питания дробилки материалом служит тарелка *4*. Регулирование размеров выходного отверстия производится подъемом или опусканием конусной рамы *3* при вращении ее по нарезке *9* в ту или другую сторону. При попадании между конусами твердых посторонних тел неподвижный конус вместе с верхней частью рамы поднимается кверху, сжимая пружины *15*. В отношении предупреждения попадания пыли

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

в механизм принимаются те же меры, которые были указаны при описании других дробилок. Обозначение *11* см. на рис. 112.

Смазка дробилки осуществляется через трубку *14*.

Способ измельчения материала в дробилке Саймонса несколько отличен от способов измельчения в описанных конусных дробилках, что объясняется другой формой пасти этой дробилки, имеющей вид узкого наклонного канала *12* со значительным расширением его в приемной части.

К достоинствам дробилки системы Саймонса относятся: 1) возможность получения больших степеней измельчения (от 30 до 40), 2) возможность получения равномерных размеров дробленого материала, 3) большая

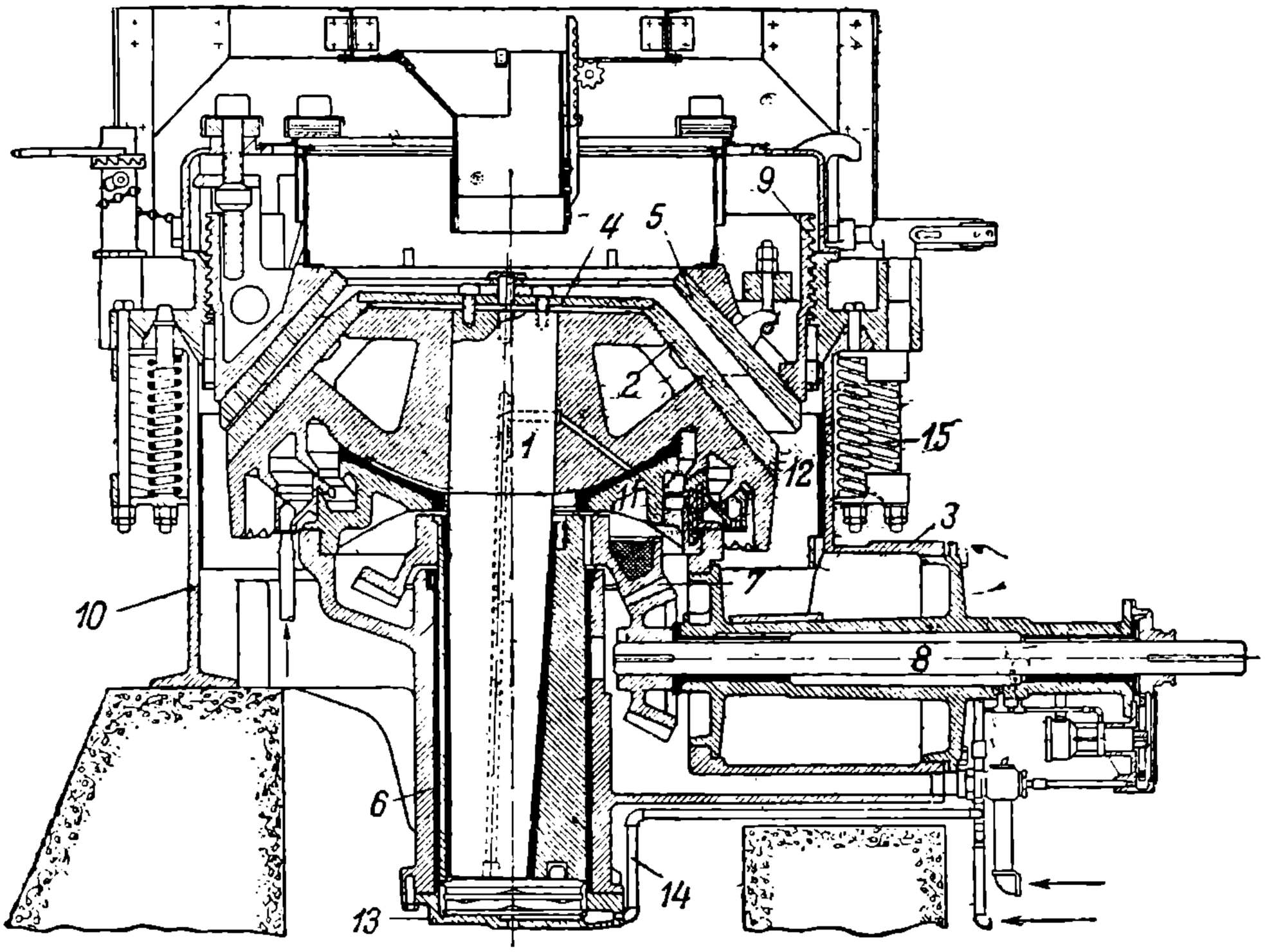


Рис. 114. Челюстная дробилка непрерывного действия (конусная) с вертикальным подвижным валом и с нижней опорой.

производительность благодаря большому ходу челюстей и большой частоте колебаний.

К недостаткам дробилки следует отнести ее сложное устройство и дороговизну, которые по данным американской практики вполне окупаются.

б) Цилиндрическая челюстная дробилка характеризуется выгнутыми неподвижными плитами и качающимся цилиндрическим остовом, производящим измельчение материала.

На рис. 115 изображена дробилка системы Охайо, состоящая из стальной рамы *3*, в которой подвешены на болтах *7* выгнутые плиты *5*, представляющие собою неподвижную челюсть. Плиты расположены симметрично относительно средней оси дробящего остова *2*. Последний пред-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ставляет собою полый цилиндр, быстро колеблющийся. Колебание достигается посредством эксцентрически вращающегося вала *1*, установленного на роликах *6* и проходящего внутри этого остова. Как и в челюстной дробилке периодического действия, в этой дробилке устанавливаются распорки *4*, которые ломаются в случае попадания в аппарат прочных посторонних тел.

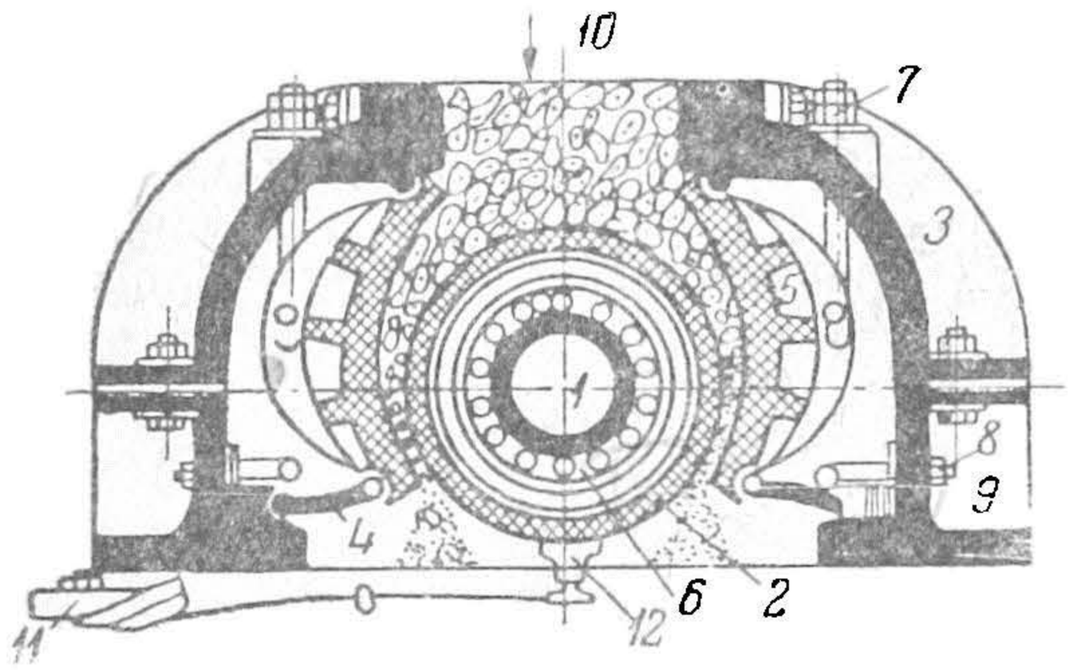


Рис. 115. Челюстная дробилка непрерывного действия (цилиндрическая) с горизонтальным подвижным валом.

Материал, поступающий через воронку *10* в верхнюю открытую часть дробилки, скользит между плитами и дробильным остовом в сужающуюся книзу часть и высыпается в поочередно открывающиеся отверстия при быстром колебании остова.

Для поддержания условий равномерного давления материала на барабан служат пружина *11* и поддержка *12*. Регулирование степени измельчения производится помощью болтов *8* и вставных пластинок *9*, соответствующее изменение толщины которых позволяет уменьшать или увеличивать расстояние между челюстями.

6. **Определение наибольшей величины силы раздавливания.** Дробилки непрерывного действия, по сравнению с дробилками периодического действия, обладают значительно большим дробящим усилием, которое может быть подсчитано следующим образом.

Крутящий момент на валу может быть определен по следующей формуле:

$$M_{[кГсм]} = 71620 \frac{N}{n}$$

Если обозначим передаточное число конической зубчатой передачи через K и величину эксцентриситета эксцентричного подшипника вертикального вала через e_1, тогда усилие, действующее на нижнем конце вала, может быть определено по формуле:

$$Q = \frac{M \quad K}{e_1}.$$

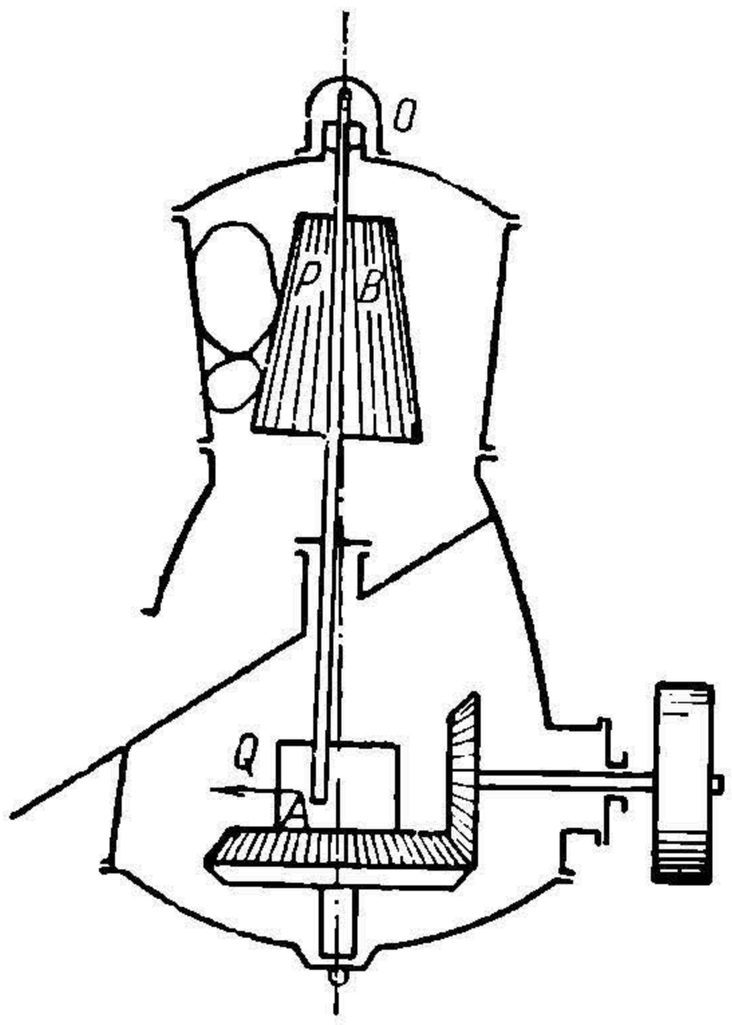


Рис. 116. Схема конусной дробилки.

Если принять по рис. 116, что дробящее усилие P приложено на расстоянии OB от точки привеса вертикального вала с дробящим конусом, а полная длина вертикального вала OA, то дробящее усилие может быть определено из уравнения моментов сил относительно точки O:

$$P \cdot \overline{OB} = Q \cdot (\overline{OB} + \overline{AB}),$$

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

или

$$P = Q \cdot \frac{(\overline{OB} + \overline{AB})}{\overline{OB}}$$

или

$$P = Q\left(1 + \frac{\overline{AB}}{\overline{OB}}\right).$$

Из последних уравнений следует, что с увеличением длины вертикального вала величина силы Q, т. е. бокового давления на подшипник, уменьшается, но, с другой стороны, эта величина будет возрастать пропорционально силе P, и следовательно, усилие Q возрастает с увеличением OB.

Пример. Если $N = 40$ *ЛС*; $n = 400$ *об/мин*; $K = 2{,}5$; $\varrho = 2$ *см* и $\overline{OB} = \frac{\overline{OA}}{4}$, то

$$M = 71620\,\frac{N}{n} = 71620 \cdot \frac{40}{400} \approx 7162 \text{ кгсм};$$

$$Q = \frac{7162 \cdot 2{,}5}{2} = 8952{,}5 \approx 8950 \text{ кг};$$

$$P = 8950 \cdot \frac{\overline{OA}}{\frac{\overline{OA}}{4}} = 8950 \cdot 4 = 35800 \text{ кГ}$$

Кроме того, вследствие круглой формы дробящих частей челюстной дробилки непрерывного действия, в особенности при больших размерах кусков, получается не только раздавливание, но и перелом, что облегчает процесс работы дробилки.

Что касается челюстной дробилки периодического действия, то в последней при раздроблении материала получается только раздавливание, почти без изгиба, сразу по всей длине челюсти, как это изображено на рис. 111, в то время как сопротивление горных пород раздавливанию по опытам Ринне в 7 раз, а по опытам Бринке в 15—20 раз больше, чем сопротивление их изгибу, т. е., другими словами, конусная дробилка должна быть более экономной в расходовании энергии, что и подтверждается практикой.

Б. ВАЛЬЦОВЫЕ ДРОБИЛКИ

Первые вальцовые дробилки с цилиндрической формой вальца были, повидимому, изготовлены в 1806 г. в Англии Тейлором, который применил в качестве валиков чугунные трубы, диаметром около 400 *мм*, для дробления медных руд.

Измельчение на вальцах производится между двумя горизонтально установленными валиками, вращающимися в противоположных направлениях.

1. Типы дробилок

Типы вальцовых дробилок могут быть распределены на следующие группы:

по степени измельчения материала: одноступенчатое и многоступенчатое измельчение; в первом случае аппарат может

НБ УДУНТ (ДІІТ)

состоять из одного (одновальцовые) или двух валиков, которыми и производится измельчение, во втором случае аппарат состоит из двух или более пар валиков;

по форме валиков: различают валики цилиндрической и конической формы; последние иногда применяются для измельчения глины;

по конструкции механизма: в конструктивном отношении различают три основных типа вальцовых дробилок, когда вальцы установлены: а) в неподвижных опорах, б) один в неподвижных опорах, а другой в передвижных, в) оба в передвижных опорах.

Вальцовые дробилки с неподвижно закрепленными вальцами, схематически изображенные на рис. 117, *а*, в настоящее время применяются

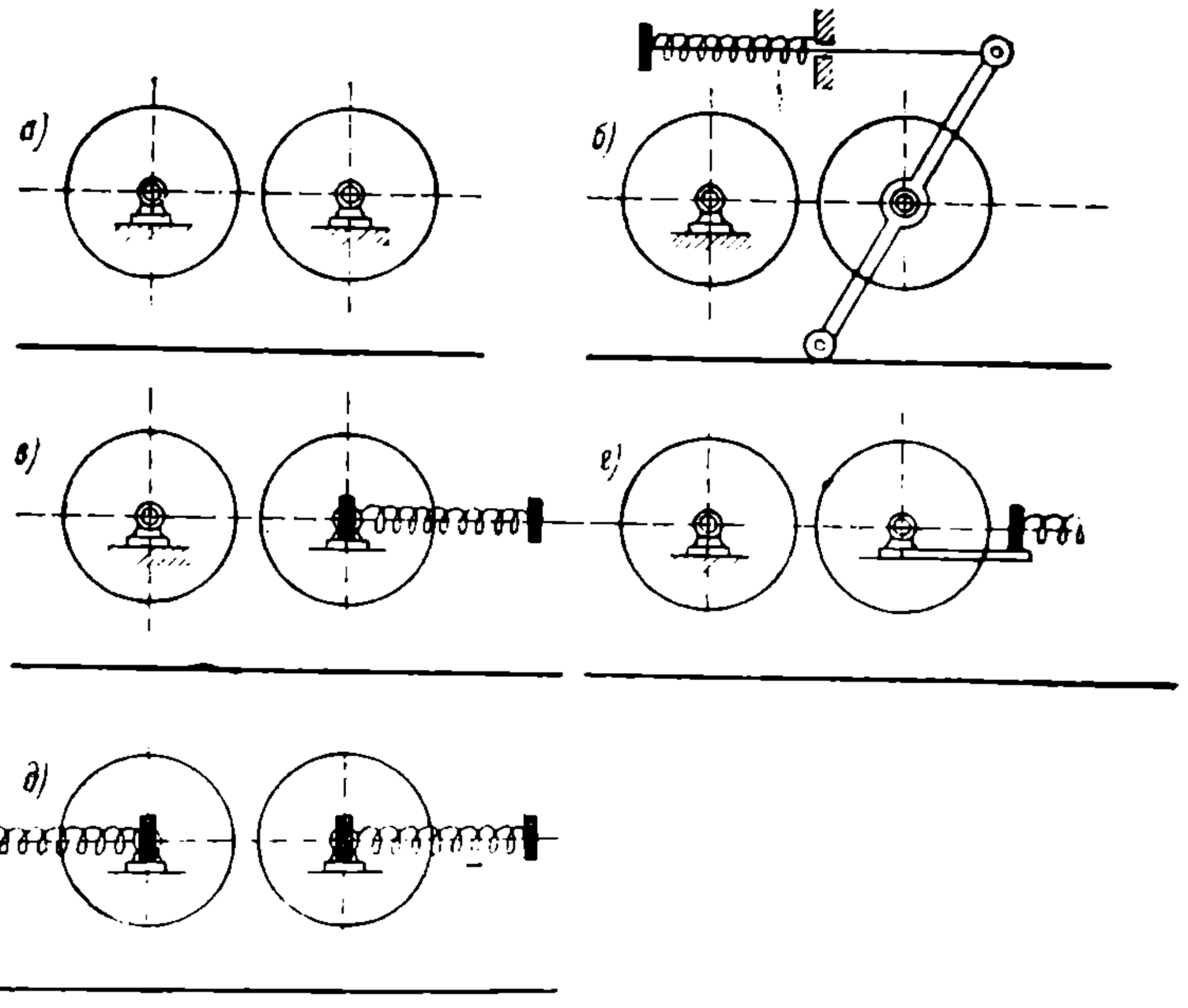


Рис. 117. Схема вальцовых дробилок.

очень редко, хотя они отличаются спокойной работой, дают равномерный продукт и стоят дешевле по сравнению с пружинными вальцами. Недостатками этих вальцов являются малая производительность и ненадежность в работе из-за возможных поломок в случае попадания постороннего твердого тела между ними.

Дробилки, имеющие вальцы, установленные на неподвижных и подвижных подшипниках, имеют наибольшее распространение в промышленности. Этот тип дробилок в свою очередь подразделяется на три способа укрепления вальцов с подшипниками.

1) По первому способу, маятниковому, подвижные подшипники устанавливаются на качающейся раме, один конец которой прикреплен к пружине, а другой — на шарнире к станине аппарата (схема работы видна из рис. 117, *б*).

2) По второму способу, схематически изображенному на рис. 117, *в*, подвижные подшипники устанавливаются на съемных плитах, которые

НБ УДУНТ (ДІТ)

могут скользить по обработанной для этой цели поверхности станины.

3) По третьему способу подвижные подшипники устанавливаются на общей раме, которая может передвигаться по направляющим станины; схематическое изображение этого способа показано на рис. 117, *г*.

В последнем случае обеспечивается параллельное передвижение валика, что является его преимуществом перед двумя другими, при которых, в случае приложения внецентровых усилий, детали валика могут подвергаться перекосу.

Наконец дробилки, у которых оба валика передвижные, схематически показанные на рис. 117,*д*, являются наиболее целесообразными в конструктивном отношении, так как они имеют возможность во время работы аппарата сохранить равновесие всей системы, в отличие от других конструкций.

Действительно, при работе дробильного аппарата один из валиков почти постоянно находится в движении, подвергаясь попеременному давлению то твердых кусков материала, то пружины.

Подобное колебание движущейся массы, обладающей обычно большим весом, может вызвать вибрацию фундаментов, а иногда и самого здания, что нарушает нормальную работу вальцов. Поэтому при возможности передвижения обоих валиков, которые всегда двигаются в противоположных направлениях, при равном их весе, возникают взаимно уравновешивающейся силы инерции, создающие благоприятные условия для работы валиков.

И, наконец, последняя группа — по устройству наружной поверхности вальцов: в зависимости от назначения аппарата, наружным поверхностям вальцов для захватывания ими материала придают различные формы, как например: гладкую, рифленую, зубчатую, с винтовой и другой нарезкой и т. д.

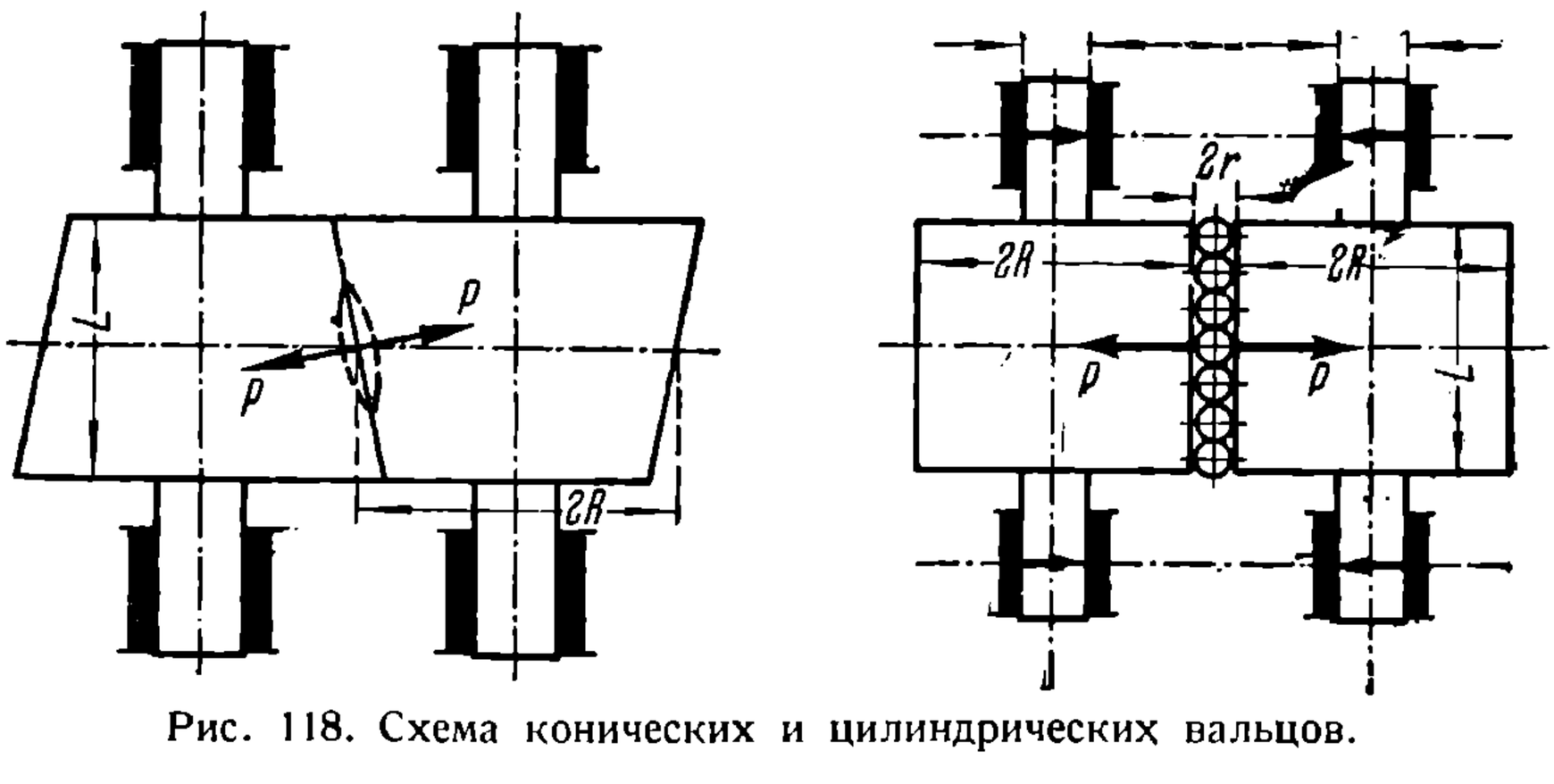


Рис. 118. Схема конических и цилиндрических вальцов.

2. Устройство дробилок

Вальцовая дробилка представляет собою аппарат, состоящий из двух вращающихся гладких или рифленых валиков цилиндрической, а иногда конической формы, насаженных на осях, которые в свою очередь укреплены на подшипниках.

На рис. 118 показана схема конических и цилиндрических вальцов.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Конические вальцы не нашли большого распространения, так как предположения о равномерном распределении материала по всей длине вальцов практикой не подтвердились. Кроме того, получающиеся на окружности конических вальцов различные скорости в каждой из точек соприкосновения при одинаковой угловой скорости оси оказывают излишнее осевое давление, которое заставляет втулку вальца давить на

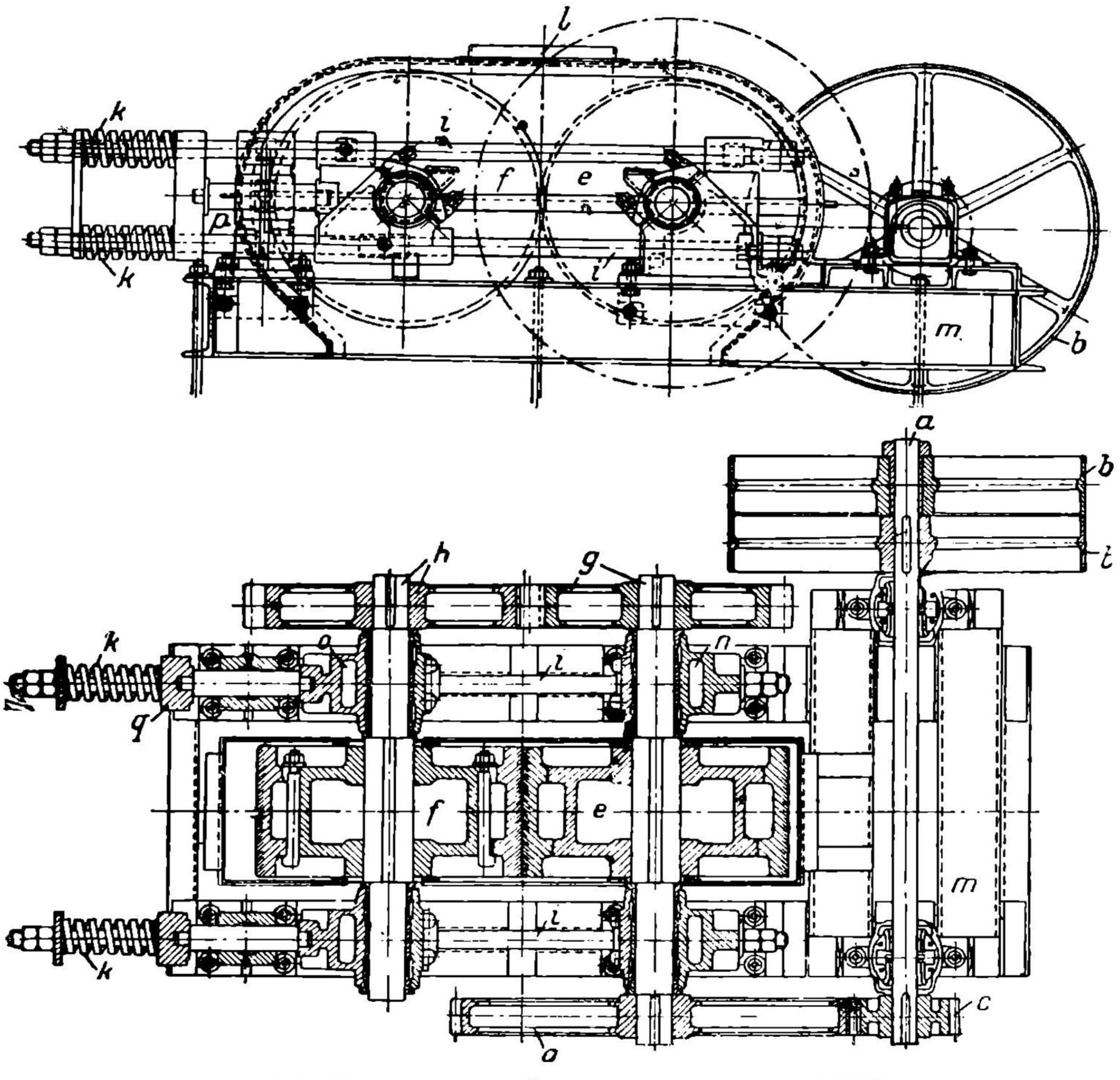


Рис. 119. Вальцовая дробилка с гладкими вальцами.

подшипник, создавая тем самым благоприятные условия к его нагреванию и износу. Практикой также не подтвердилась ожидавшаяся возможность упрощения устройства передаточного механизма по сравнению с цилиндрическими вальцами. Ввиду перечисленных недостатков конических вальцов на их устройстве мы останавливаться не будем.

Вальцовые дробилки с цилиндрической формой валиков имеют широкое распространение, отличаясь разнообразием конструкций и назначением.

НБ УДУНТ (ДІТ)

На рис. 119 представлена вальцовая дробилка с гладкими вальцами, состоящая из металлической рамы *m* с подшипниками *n*, в которых укреплен неподвижный валик *e*.

Другой подвижной валик *f* укреплен в подшипниках *o*, установленных на плиты, которые могут передвигаться на раме по направляющим болтам *i*. Последние одной стороной прикреплены к раме, а другой пропущены сквозь плиту *p* с отверстиями и заканчиваются пружинами *k*, опирающимися на буферные подушки *q*.

Назначение пружин — предохранить от поломки вальцовую дробилку, в случае попадания между вальцами постороннего твердого тела. При увеличении предельной нагрузки подвижной валик отодвинется от неподвижного, и в образовавшуюся соответствующих размеров щель пройдет инородное тело.

Кроме того, приводной шкив вальцов часто устраивается с предохранительной шпилькой, которая ломается при увеличении нагрузки на вальцы, после чего шкив свободно вращается на втулке.

Для равномерного питания вальцов материалом должна быть предусмотрена установка питателя над приемной воронкой *l*.

Вальцовая дробилка приводится в движение шкивом *b*, насаженным на приводной вал *a*, передающий движение цилиндрической зубчатой передаче *c*, *d*, связанной с валом *g*, на котором насажен валик, укрепленный в неподвижных подшипниках.

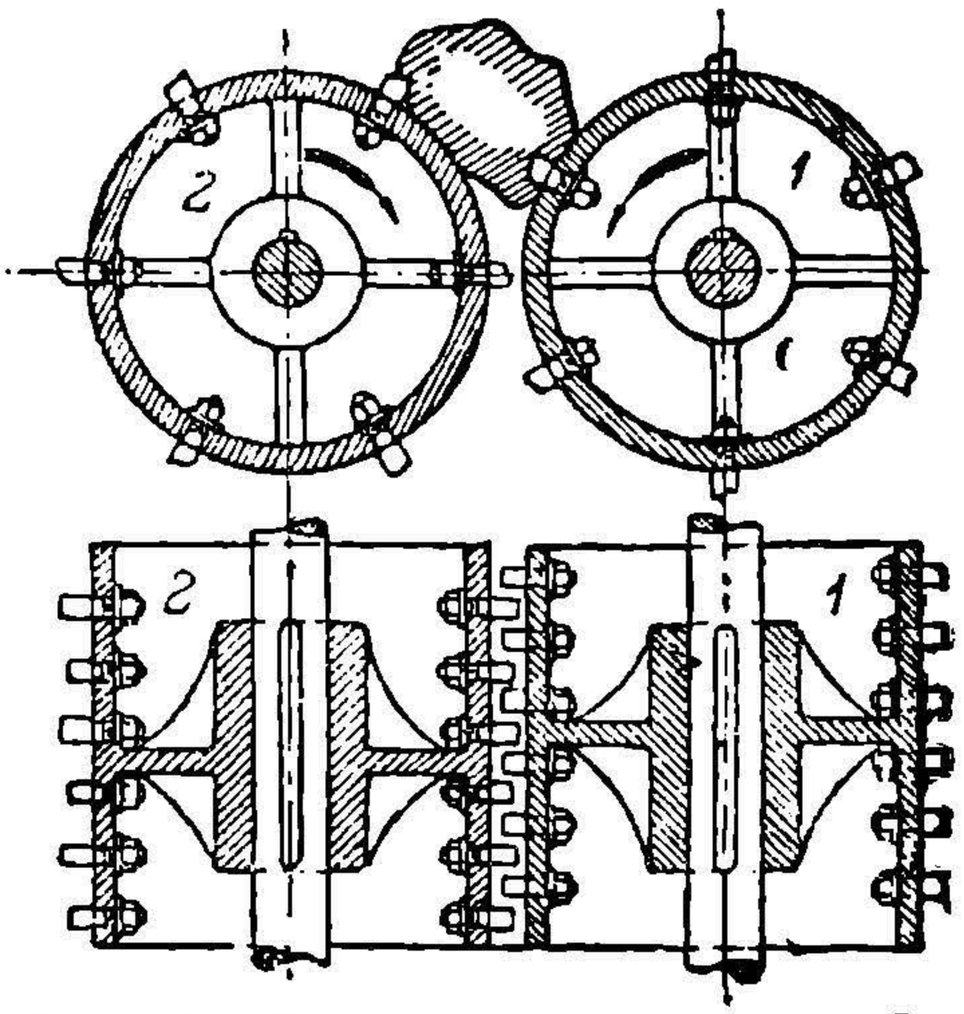


Рис. 120. Вальцовая дробилка с зубчатыми вальцами (тонвольф).

На другом конце вала насажена шестерня, передающая движение второй шестерне, насаженной на вал *h*, на котором укреплен валик в подвижных подшипниках.

Вальцы, оборудованные зубчатым приводом, требуют специального профиля зубцов и отличаются неспокойной работой, вследствие чего, особенно при гладких вальцах, привод иногда осуществляется посредчуством ременных передач со шкивами одинакового или разного размера.

В отношении конструкции вальцов следует отметить, что в большинстве случаев внутренняя часть их, называемая ядром, изготовляется из чугуна в виде разъемных конусов или муфт и прочно насаживается на вал. Дробящая же часть вальцов отливается из стали в виде съемного бандажа, который затем насаживается на ядро.

По данным Фергусона,[1] для бандажей рекомендуется следующий химический состав и механические свойства стали: C 0,65—0,80%; Si 0,15—0,30%; P 0,05%; S 0,04%; Mn 0,60—0,85%; удлинение 10%; сжатие 15%; допускаемое напряжение 5100 *кг/см²*; предельное напряжение 8450 *кг/см²*.

---

[1] A. F. Taggart, Handbook of ore dressing, 1927.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

При испытании этих бандажей износ их составлял от 0,5 до 2,0 *кг* на 1 *т* измельченного материала. Толщина бандажа обычно принимается от 75 до 100 *мм*, при диаметре вальцов до 1 *м* и от 100 до 150 *мм* при большем диаметре.

На рис. 120 представлена вальцовая дробилка, служащая для измельчения глины и известная в огнеупорной промышленности под названием «тонвольфа». Дробилка состоит из двух вальцов, снабженных вставными зубьями и вращающихся с разной скоростью. При медленном вращении валика *1* его зубья подхватывают материал и передают его быстро вращающемуся валику *2*, снабженному острыми зубьями. Окончательный продукт после дробления получается довольно разнородным — от мелочи до 50 *мм* в поперечнике.

Данные для вальцовых дробилок см. табл. 62.

Таблица 62

Данные для вальцовых дробилок для материалов средней прочности

Размер вальцов $D \times L$ в *мм*	Приблизительная производительность *т/час*, размеры поступающего материала и выходной щели в *мм*			*ЛС*	Вес в среднем *т*
	т/час	*мм*	*2e мм*		
260×260	0,3— 0,8	4—16	1— 4	1,5— 2,5	0,70
400×260	0,4— 0,8	4—22	1— 6	3,0— 4,5	0,90
550×300	2,4— 8,0	8—30	2— 8	6,0— 8,5	1,60
700×380	3,2—13,5	8—40	2—10	9,0—13,0	4,60
1000×500	6,0—28,0	9—50	2—12	17,0—24,0	14,10
1300×600	13,5—54,0	12—70	3—16	34,0—48,0	19,20
1500×600	20,0—75,0	16—80	4—20	42,0—60,0	26,70

Кроме перечисленных видов вальцов, в практике встречаются еще так называемые вальцы-камнеотделители, служащие для отделения попадающихся в материале (главным образом в глине) камней.

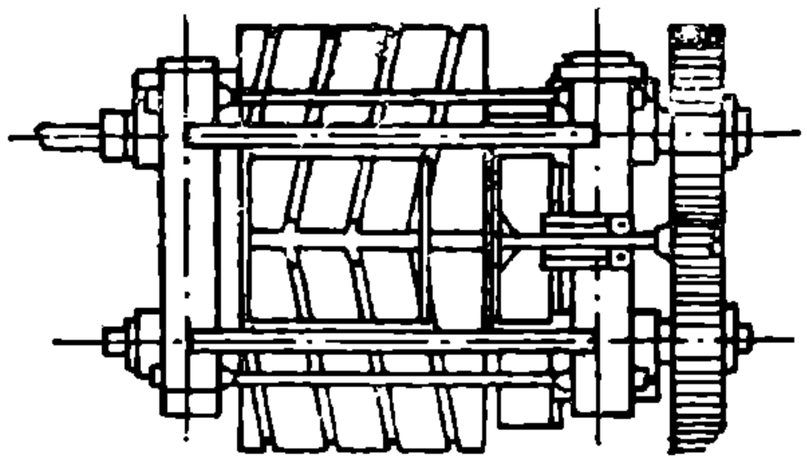


Рис. 121. Вальцы-камнеотделители.

Рис. 121 изображает один из типов камнеотделителя, снабженного вальцами со спиральным желобком треугольного сечения. Во время работы вальцов мелкие камни подвергаются измельчению вместе с материалом, а более крупные отделяются и, передвигаясь по направляющим желобкам, выводятся на лоток, помещаемый сбоку аппарата.

Кроме описанных нами парных вальцовых дробилок для сравнительно слабых материалов, как, например, уголь, сланец и т. п., применяются одновальцовые дробилки, разделяюшиеся по способу обработки материалов на полусухие и мокрые и дающие большую степень измельчения в один прием. На рис. 122 изображена дробилка, работающая по полусухому способу и состоящая из одного валика *1* с зубцами разной высоты и из дугообразной плиты *2*, подвешенной на оси *3*. Для сохранения основной плиты от изнашивания в нижней ее части установлена бронзовая

НБ УДУНТ (ДІІТ)

плита *4*. Для предохранения аппарата от поломки в случае попадания в него инородного твердого тела нижняя часть основной плиты соединена болтами *5*, на которых надеты пружины *6*, упирающиеся в раму *7* дробилки.

Приводится аппарат в движение помощью шкива *8* и шестеренной передачи. Для предупреждения возможных перегрузок дробилки во время ее работы, шкив соединяется с валом не помощью шпонки, а планкой *9*, прикрепленной к шкиву шпильками, которые и ломаются при увеличении нагрузки. Для приема материала в дробилку служит воронка

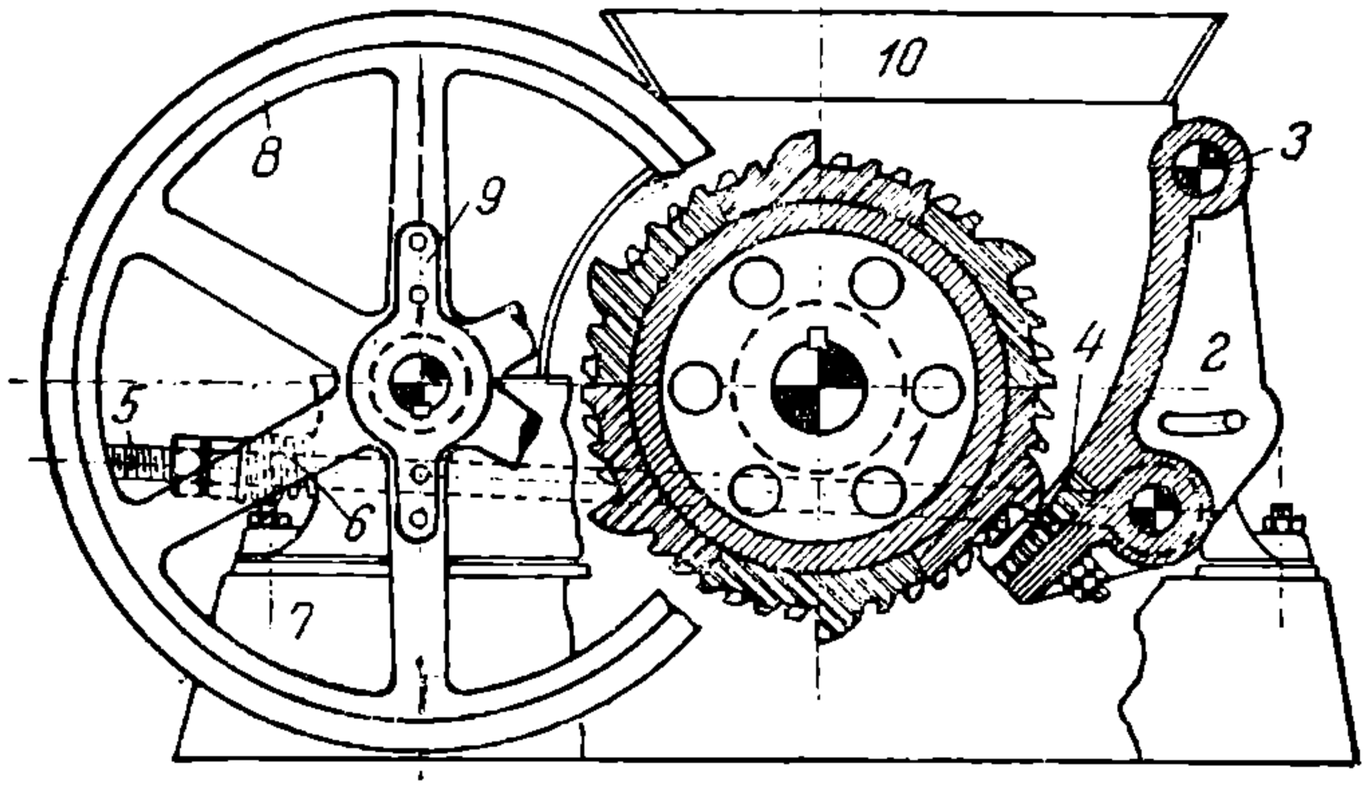


Рис. 122. Одновальцовая дробилка.

10. Большие дробилки достигают значительной производительности, до 1000 *т/час*, и вполне применимы как для крупных кусков, так и для влажных или глинистых материалов.

Таблица 63

Данные для одновальцовых дробилок

Размер вальцов $D \times L$ в *мм*	Число оборотов вальцов	*ЛС*	Наибольший размер кусков, поступающих в дробилку *мм*
450× 450	75—125	8	250
600× 600	60—100	10	400
760× 760	50—75	15	600
900× 900	40—60	20	600
900×1350	40—60	25	600

На рис. 123 изображен аппарат, работающий по мокрому способу и называемый голландером или роллом. Этот тип аппарата имеет главное распространение в асбоцементном [1] и толево-руберойдном производствах [2] и применяется для перемешивания и перетирания сырой массы.

Голландер состоит из большого овального чана *1*, изготовляемого обычно из бетона или из чугуна, и оборудован валиком со вставными

[1] Проф. В. В. Эвальд и инж. Н. П. Ваганов, Асбоцементное производство, 1931.

[2] В. А. Воробьев. Битуминозные кровельные материалы, 1932.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ножами, вращающимися над основной плитой. Валик этот при вращении увлекает сырые материалы через зазор между плитой и валиком и основательно перетирает и перемешивает их.

До загрузки чана теми или иными сырыми материалами в него пускается определенное количество воды. Дно чана устроено так, что материал, прошедший через зазор под валиком, перебрасывается через гребень дна и снова участвует в круговом движении материала в чане; другими словами, в чане происходит постоянная циркуляция раствора, и при каждом кругообороте материал должен пройти под зубчатым валиком. Как только материал достаточно промолот и перемешан, его спускают через отверстие *3* в дне по трубопроводу и направляют для дальнейшей обработки.

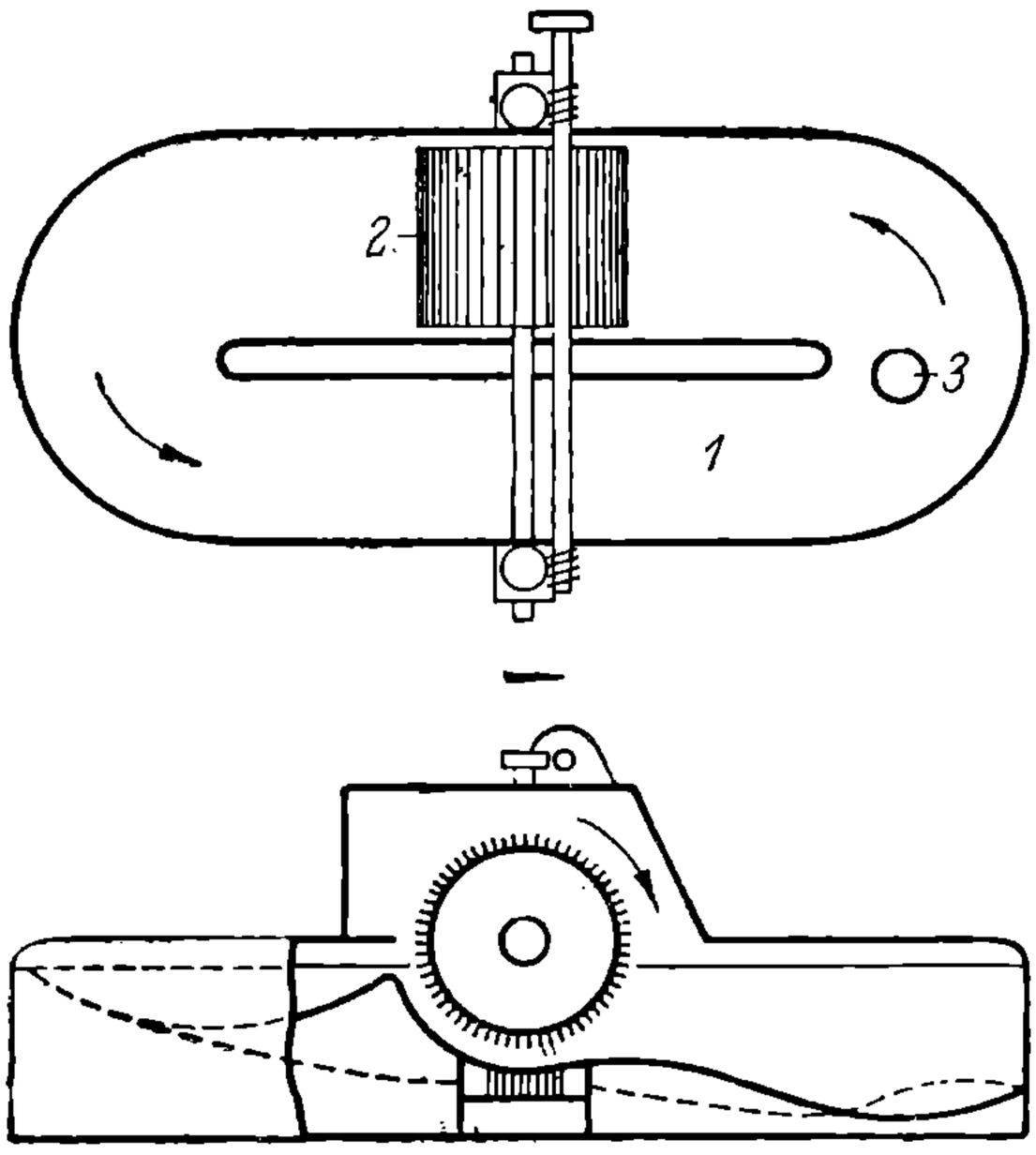


Рис. 123. Одновальцовая дробилка (Голландер).

При производстве массы для толевого картона для характеристики изменения времени помола, необходимого для размола тряпья при различных плотностях картона, инж. Бобровым дана следующая формула:

$$T = k\sqrt{\left(\frac{T_1 + Y}{100} + \frac{T_1}{T_1 + Y}\right) : a},$$

где

T — время помола в часах;
T_1 — количество тряпья в процентах, входящего в композицию;
Y — количество целлюлозы в процентах, входящей в композицию;
a — плотность картона в килограммах на 1 $м^2$;
k — коэфициент для голландеров емкостью 4500 $л$, равный 1.

Данные для одновальцовых дробилок см. табл. 63 и 64.

Таблица 64

Данные для одновальцовых дробилок (голландеров)

Емкость аппарата *л*	Размер катков в *мм*		Оборотов в минуту	*ЛС*	Число ножей
	D	*L*			
3000	1200—1350	1000	140—160	20— 35	72— 82
4000	1300—1500	1100	130—150	25— 50	80— 84
6000	1400—1600	1250	120—150	30— 65	88— 96
8000	1600—1800	1400	100—115	40— 80	96—102
10000	1700	1500	100—110	65—105	106—108
12000	1800	1600	100—105	85—120	110—114

НТБ УГАУНТ (ДІІТ)

3. Расчетные данные [1]

Условия, необходимые для втягивания материала вальцами. Для работы дробильных вальцов необходимо, чтобы тело B было втянуто в промежуток между поверхностями вальцов. Для этого должны быть соблюдены следующие условия. Из рис. 124 видно, что на тело B, помещенное между вальцами, действуют две силы: радиальная — Q и касательная — P, причем последняя зависит от величины первой силы и от коэфициента трения материала о материал ($f = 0{,}3 \div 0{,}7$). Зависимость эта может быть выражена:

$$P = fQ.$$

Разложив эти силы соответственно на горизонтальные и вертикальные, согласно рис. 124 получим:

$$Q_2 = Q \cdot \cos \alpha; \quad Q_1 = Q \quad \sin \alpha;$$

$$P_1 = P \quad \cos \alpha = f \quad Q \cdot \cos \alpha; \; P_2 = P \quad \sin \alpha = f \cdot Q \cdot \sin \alpha.$$

Обе горизонтальные силы давят на тело B, а из вертикальных сил одна — P_1 — стремится втянуть тело, другая — Q_1 — вытолкнуть. Следовательно, для условий втягивания тела можно написать уравнение:

$$Q_1 < P_1, \text{ или } Q \quad \sin \alpha < f \cdot Q \cdot \cos \alpha,$$

или

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} < f, \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} \alpha < f,$$

где

$$f = \operatorname{tg} \varphi$$

или

$$\alpha < \varphi,$$

где φ — угол трения материала о вальцы. Величина втягивающего угла зависит от коэфициента трения, а именно: половина угла втягивания должна быть меньше угла трения (угол втягивания равен 2α).

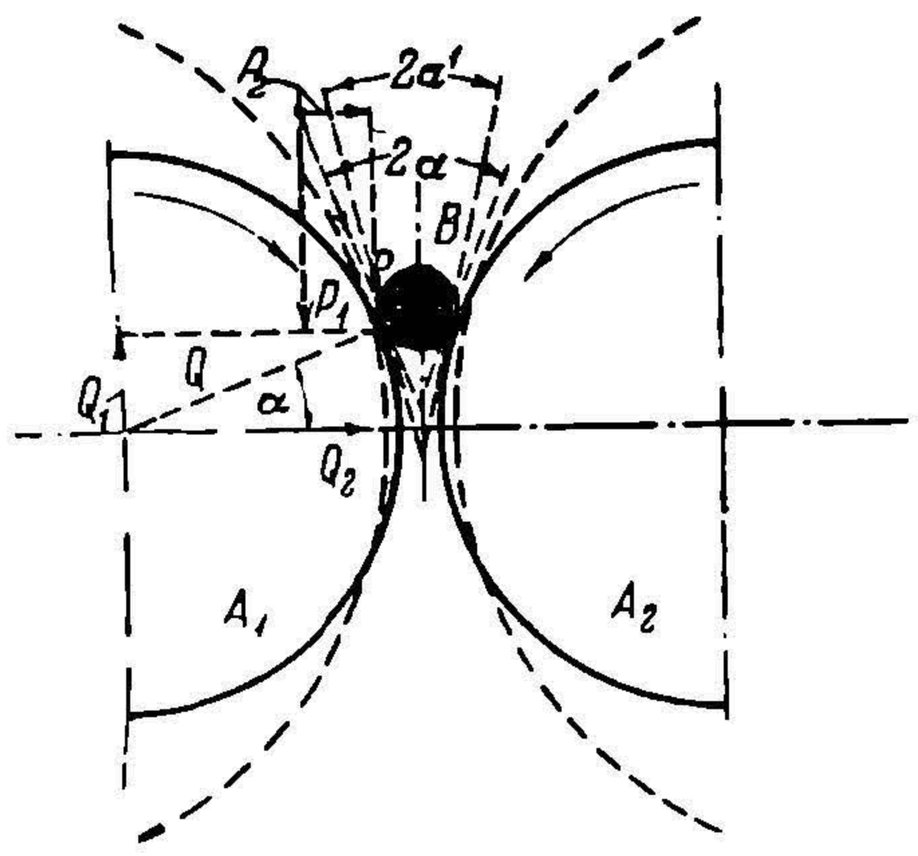


Рис. 124. Схема распределения усилий, втягивающих материал в вальцы.

Кроме того, величина этого угла зависит от диаметра вальцов, от размера куска камня и величины отверстия. С увеличением диаметра вальцов и величины отверстия и с уменьшением размера кусков материала этот угол становится меньше.

На практике в большинстве случаев угол α принимается от 12 до 20°.

Коэфициент трения f может колебаться в широких пределах от 0,2 до 0,7, что соответствует углу втягивания α от 11 до 35°.

Определение соотношения между размерами поступающего материала и размерами вальцов. Из рис. 125 имеем:

$$R + e = (R + r) \cdot \cos \alpha;$$

[1] Дальнейшие расчеты относятся к гладким вальцам, что необходимо иметь в виду при рассмотрении всех выводов.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

$$R + e = R \cdot \cos\alpha + r \cdot \cos\alpha;$$

$$\frac{R+e}{\cos\alpha} - R = r;$$

$$2 \cdot r = \frac{2(R+e)}{\cos\alpha} - 2R - \frac{2R+2e}{\cos\alpha} - 2R;$$

$$d = \frac{D+2e}{\cos\alpha} - D = \frac{D+2e-D\cos\alpha}{\cos\alpha} = \frac{2e+D(1-\cos\alpha)}{\cos\alpha}.$$

Если вальцы будут сдвинуты вплотную так, что $2e = 0$, то ими может быть втянут шарик наибольшего диаметра

$$d = \frac{D(1-\cos\alpha)}{\cos\alpha}.$$

Приняв угол захвата $\alpha = 18°$, определим тригонометрические величины

$$\frac{1-\cos\alpha}{\cos\alpha} = \frac{1-\cos\ 18°}{\cos\cdot 18°} \approx 0{,}05.$$

Отсюда наибольший диаметр шариков материала

$$d = D \cdot \frac{1-\cos\alpha}{\cos\alpha} + \frac{2e}{\cos\alpha} = 0{,}05 \cdot D + 2e.$$

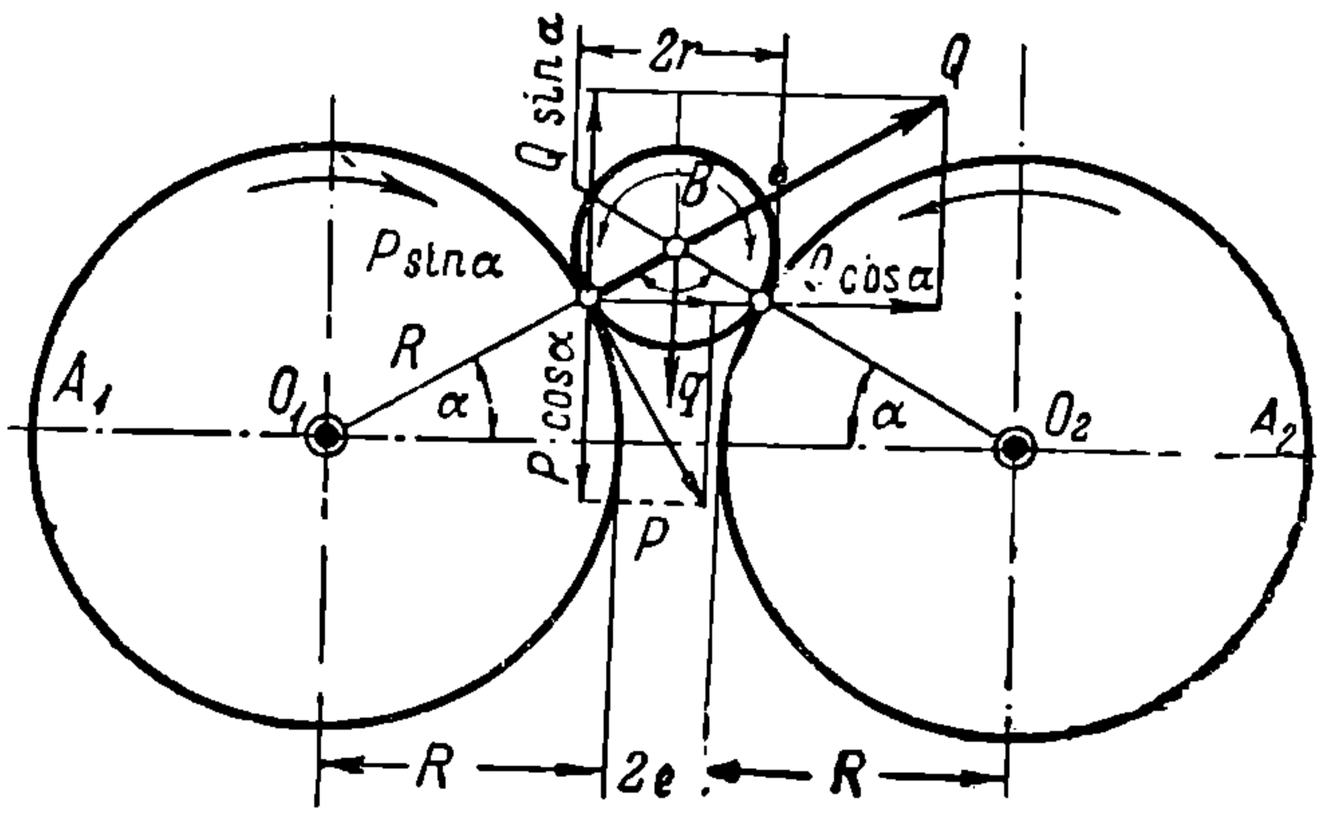


Рис. 125. Определение соотношения между размерами поступающего материала и вальцами.

Если принять вальцы сдвинутыми вплотную, т. е. $2e = 0$, то $d = 0{,}05\ D$, т. е. диаметр поступающих в вальцы кусков должен быть в 20 раз меньше диаметра валиков.

Примерно тот же результат может быть получен и другим способом.

Из предыдущего известно, что для условий работы вальцов необходимо, чтобы $\varphi > \alpha$ или $\cos\varphi < \cos\alpha$; а так как

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\varphi}} = \frac{1}{\sqrt{1+f^2}}, \quad \text{а} \quad \cos\alpha = \frac{R+e}{R+r} = \frac{D+2e}{D+d},$$

то после подстановки этих значений получим:

$$\frac{1}{\sqrt{1+f^2}} < \frac{D+2e}{D+d}.$$

Приняв степень измельчения материала равной Σ, т. е. $\Sigma = \frac{d}{2e}$ или $2e = \frac{d}{\Sigma}$, получим:

$$\frac{1}{\sqrt{1+f^2}} < \frac{\frac{D}{d}+\frac{1}{\Sigma}}{\frac{D}{d}+1},$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

откуда

$$\frac{D}{d} > \frac{1}{\sqrt{1+f^2}-1} - \frac{\sqrt{1+f^2}}{\Sigma\,(\sqrt{1+f^2}-1)};$$

полагая в среднем $f = 0{,}3$ и $\Sigma = 4$, получим:

$$\frac{D}{d} > \frac{1}{\sqrt{1{,}09}-1} - \frac{\sqrt{1.09}}{4\,(\sqrt{1+0{,}09}-1)}$$

или $\frac{D}{d} > 17{,}5$, $D \geqslant 18d$ до $20d$.

Это соотношение обыкновенно принимается практически для определения диаметра вальцов. [1]

Ширина вальцов находится в пределах

$$L = D\ (0{,}3 - 0{,}7).$$

Пример. Вычислить наибольший диаметр d шарика твердого материала, который может быть втянут вальцами диаметром $D = 50$ *см*, при наименьшем расстоянии между ними $2e = 2{,}5$ *см*, если коэфициент трения между материалом и вальцами $f = 0{,}35$.

Так как $\operatorname{tg}\alpha < f$ или $\operatorname{tg}\alpha < 0{,}35$, $\alpha \leqslant 19°20'$, примем $\alpha = 18°$. Тогда

$$d = \frac{D\,(1-\cos\alpha)+2e}{\cos\alpha} = \frac{50\,(1-\cos 18°)+2{,}5}{\cos 18°} = 5\ см.$$

Следовательно, вальцы указанных размеров могут измельчать куски не больше 5 *см* в диаметре до размера $2e = 2{,}5$ *см*.

Если же валки сдвинуть вплотную так, что $2e = 0$, то

$$d = \frac{D\,(1-\cos\alpha)}{\cos\alpha} = \frac{50\,(1-\cos 18°)}{\cos 18°} = 2{,}5\ см,$$

т. е. в этом случае вальцы могут втягивать куски материала не более 2,5 *см*.

Размер материала после вальцов теоретически должен быть равен нулю ($2e = 0$), на самом же деле он будет зависеть от упругости пружин, нажимающих на подвижной валик.

Определение числа оборотов вальцов. Число оборотов вальцов играет весьма существенную роль при их эксплоатации, так как в случае увеличения числа оборотов за известные пределы нарушается нормальная работа вальцов.

По данным проф. Л. Б. Левенсона, теоретически допустимое число оборотов вальцов определяется по следующей формуле:

$$n \leqslant 308 \cdot \sqrt{\frac{f}{\gamma \cdot r_1 \cdot R}},$$

т. е. скорость вращения вальцов должна быть тем меньше, чем меньше коэфициент трения и чем больше объемный вес материала, чем больше размер поступающих в дробление кусков материала и чем больше диаметр вальцов.

В табл. 65 приводится зависимость между диаметром вальцов и скоростью их движения.

---

[1] Н. П. Ваганов, Дробильные вальцы, «Огнеупоры» № 10, 1934.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 65

D [*мм*] . . .	600	760	900	1060	1 200
n [*об/мин*] .	230	190	175	120	105
v [*м/сек*] .	7,2	7,5	8,2	6,6	6,5

Определение производительности. Вопросам производительности посвящено много работ, особенно в иностранной литературе; здесь же приводятся наиболее существенные для практики соображения. При определении производительности вальцов, применяющихся главным образом для среднего и мелкого измельчения, будем считать, что вальцы, нажатые пружинами, под давлением поступающего для измельчения материала несколько раздвигаются, т. е. выходное отверстие увеличивается на некоторую величину p или общая величина отверстия будет $2e + p$.

Это раздвижение валков, в зависимости от упругости пружин, колеблется в больших пределах, а именно — от 0,25 до 16,0 *мм*.

По исследованиям американских инженеров Уолкера, Левиса и Адамса, [1] величину раздвигания p в среднем можно принять $p = {}^1/_4(2e)$; следовательно, окончательный размер продукта будет $2e + p$, а объем одного ряда шариков материала, захватываемого сразу парой вальцов длиной L, будет при числе шаров $\frac{L}{2e+p}$:

$$V = \frac{L}{2e+p} \cdot \frac{\pi \quad (2e+p)^3}{6} = \frac{\pi \cdot L \cdot (2e+p)^2}{6}.$$

Наибольшая производительность валков получится, когда ряды шариков диаметром $(2e + p)$ будут следовать один за другим. Поэтому при одном обороте валков диаметром $2R$ число таких рядов будет:

$$\frac{2\pi \cdot R}{2e+p}.$$

Наибольшая производительность валков в *кг/час* будет:

$$Q = \frac{\mu \cdot \gamma \cdot V \quad i \quad n \quad 60}{1000} = \frac{\mu \cdot \gamma \cdot \pi \cdot L \quad (2e+p)^2 \quad 2\pi \cdot R \cdot n \quad 60}{6 \cdot 1000 \quad (2e+p)} =$$
$$= 0{,}2 \cdot \mu \cdot \gamma \cdot L \cdot R \cdot n \cdot (2e + p);$$

принимая $\mu = 0{,}4$ и $p = {}^1/_4(2e)$, получим:

$$Q = 0{,}2 \quad 0{,}4 \quad \gamma \quad L \quad R \quad n \cdot 1{,}25(2e) = 0{,}1 \quad \gamma \quad L \quad R \quad n\,(2e).$$

Пример. Определить производительность вальцов длиною 0,4 *м*, диаметром 1,0 *м*, при расстоянии между вальцами 0,004 *м*, при скорости вращения вальцов 40 *об/мин*, при раздроблении ими известняка с объемным весом 2000 *кг/м*³.

$$Q = 0{,}1 \quad L \quad R \quad n \quad 2e \quad \gamma = 0{,}1 \quad 40 \quad 50 \quad 40 \quad 0{,}4 \quad 2 = 6400 \quad кг/час.$$

Определение потребной мощности двигателя. Подсчет потребной мощности двигателя для вальцов чрезвычайно затруднителен, так как вопрос о работе дробления до сих пор еще не разрешен.

---

[1] W. H. Walker, W. K. Lewis and W. H. Mc. Adams, Principles of chemical Engineering, New-York, 1932.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Имеющиеся в литературе эмпирические формулы при их применении на практике в различных условиях часто оказываются совершенно недостаточными, поэтому целесообразнее руководствоваться опытными данными заводов, изготовляющих оборудование, приведенными в табл. 66[1] (данные фирмы Крупп).

Таблица 66

D *мм*	L *мм*	Q *т/час*	N *ЛС*	$\frac{N}{Q}$	Материал
400	260	2,5	5,0	2,0	Камни, шлаки, клинкер и т. п.
700	300	5,5	11,0	2,0	
950	500	10,0	20,0	2,0	
450	550	6,0	8,0	1,3	Гипс, мел, асфальт и др.
750	550	12,0	18,0	1,5	
260	500	1,5	3,0	2,0	
450	800	20,0	11,0	0,6	Каменный уголь
535	800	25,0	12,0	0,5	
500	1000	30,0	18,0	0,6	

В случае определения мощности двигателя эмпирическим путем можно указать на следующие формулы.

На основании исследований, произведенных Аргали (Argall),[2] последним выведена следующая эмпирическая формула:

$$N = (D + L) \cdot 4.$$

Так, например, для вальцовой дробилки с диаметром вальцов $D = 900$ *мм* и длиной их $L = 500$ *мм*, потребная мощность при работе дробилки вхолостую будет:

$$N = (0{,}9 + 0{,}5) \cdot 4 = 5{,}6 \text{ } ЛС,$$

причем эта формула выведена для средних значений, при этом потребная мощность зависит от трений, которые возникают в опорных точках дробилки, и от системы смазки.

Для определения потребной мощности дробилки в рабочем состоянии пользуются формулой Кента (Kent):

$$N = \frac{f \quad w \cdot d_1 \cdot n}{126{,}05},$$

где

f — коэфициент трения цапф в подшипниках;
w — равнодействующая давлений на подшипники, получаемая от сложения веса вальцов, приводного вала, приводных шкивов, пружини др. в килограммах;
d_1 — диаметр цапфы в метрах.

---

[1] З. Б. Канторович, Машины и аппараты силикатной промышленности, стр. 22, 1934.

[2] E. C. Blanc, Technologie des concasseurs, broyeurs et tamiseurs, 1924.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

В. МОЛОТОЧНЫЕ ДРОБИЛКИ [1]

Молоточные дробилки, или аппараты ударного действия, конструируются на принципе преобразования живой силы удара в работу раздробления, которая является результатом сжатия тела за пределом упругости.

Из всех типов дробилок, встречающихся в промышленности, молоточные дробилки относятся к наименее изученным с теоретической точки зрения, хотя они имеют чрезвычайно большое применение.

1. Типы дробилок

Молоточные дробилки могут быть распределены на следующие группы:

По количеству валов: на одновальные и на двухвальные.

У одновальных дробилок дробящие части насажены на один вал, расположенный горизонтально, причем он может состоять из двух самостоятельных половин, вращающихся в разные стороны, на каждой из которых укреплены диски с дробящими частями, — в этом случае дробилка называется дезинтегратором, или же вал представляет собою одно целое, также с насаженными на нем дисками или отдельными рычагами, несущими молотки, — в этом случае дробилка называется молоточной.

Двухвальные молоточные дробилки имеют два горизонтальных и параллельно расположенных вала, вращающихся навстречу друг другу, на которые и насаживаются диски или рычаги с дробящими частями.

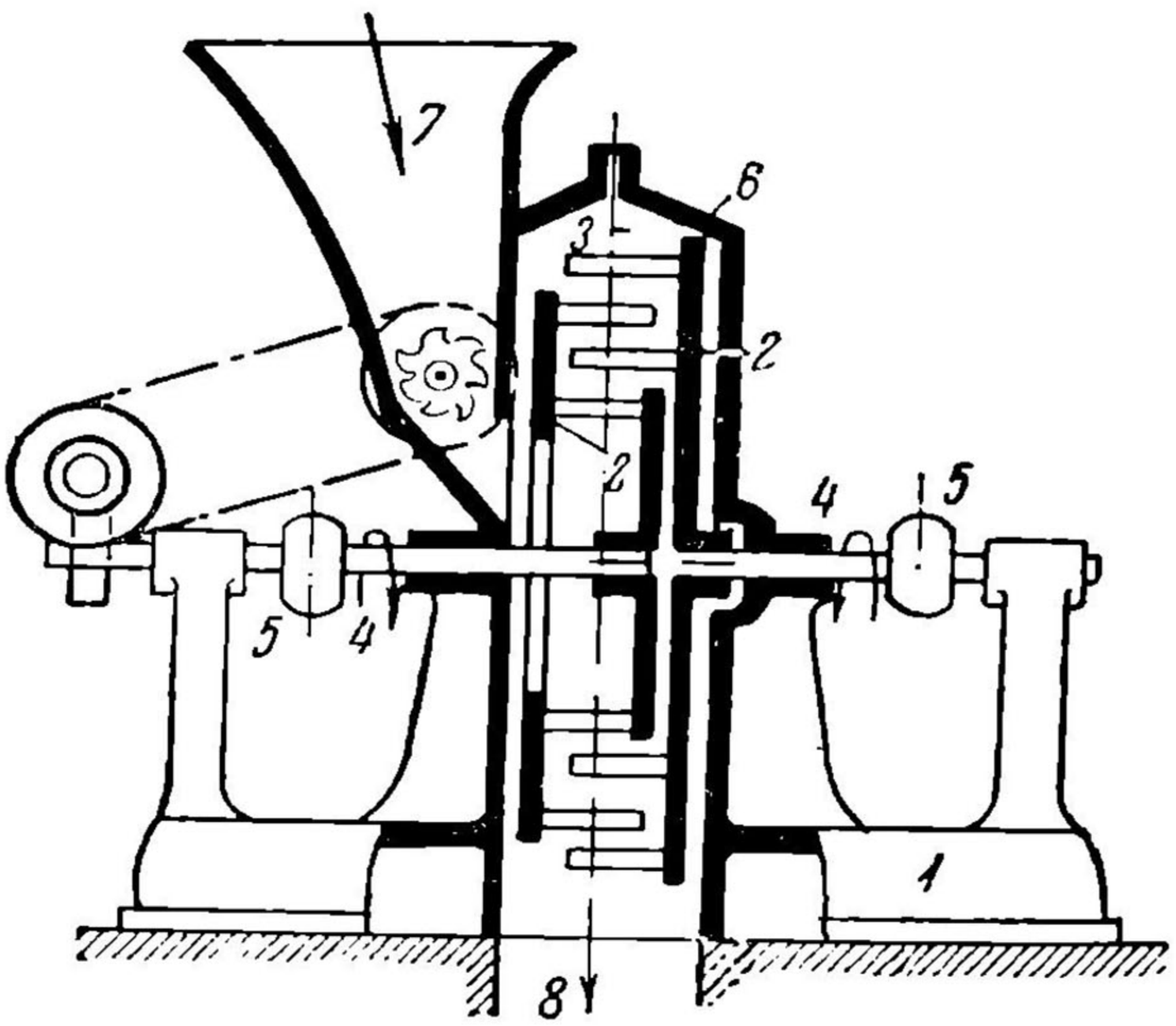


Рис. 126. Дезинтегратор.

По способу крепления дробящих тел — молотков. По способу крепления молотков различают дробилки с жестко закрепленными на дисках молотками (штифтами) и с молотками, шарнирно подвешенными к дискам или рычагам. К первой группе относятся дробилки типа дезинтеграторов, ко второй группе — остальные виды молоточных дробилок.

2. Устройство дробилок

К числу первых аппаратов ударного типа относится дезинтегратор, предложенный изобретателем Карром (Carr) в 1859 г. На рис. 126 изображен современный вид дезинтегратора, состоящего из рамы *1* и кожуха *6*, внутри которого установлены вращающиеся в противоположные стороны

[1] Н. П. Ваганов, Молоточные дробилки. Журн. «Огнеупоры», № 12. 1935

НБ УДУНТ (ДІІТ)

диски *2*, несущие штифты *3* и насаженные на валы *4*, с одной геометрической осью, приводимые в действие каждый самостоятельными шкивами *5*.

Движение дисков в разные стороны достигается помощью прямого и перекрестного ремней. Подача материала производится через воронку *7*, расположенную сбоку, и выходит через отверстие *8*.

Диски дезинтеграторов изготовляются размером от 800 до 2000 *мм* в диаметре, а соответственные им размеры штифтов бывают от 20 до 35 *мм* толщиною и от 150 до 300 *мм* длиною. При соответствующих размерах диаметров дисков, внутреннего около 700 *мм* и наружного около 1200 *мм*, количество штифтов в них колеблется от 23 до 34 штук.

Скорость вращения дисков достигает 350 *об/мин*, что соответствует окружной скорости их от 12 до 22 *м/сек*. Число ударов одного штифта колеблется от 130 до 200 в секунду.

Рассмотрим процесс дробления материала в дезинтеграторе. Представим себе разрез этого аппарата по молоткам, называемым штифтами, параллельно дискам, как это показано на рис. 127. Предположим, что штифты a_1, a_2, a_3 и т. д. движутся по часовой стрелке, а штифты $б_1$, $б_2$ и т. д. — против часовой стрелки. Обозначим угловую скорость вращения обоих дисков через ω; расстояния штифтов от центра соответственно через r_1, r_2, r_3, r_4 и r_5. Тогда окружные скорости штифтов будут: $r_1\omega$, $r_2\omega$ и т. д.

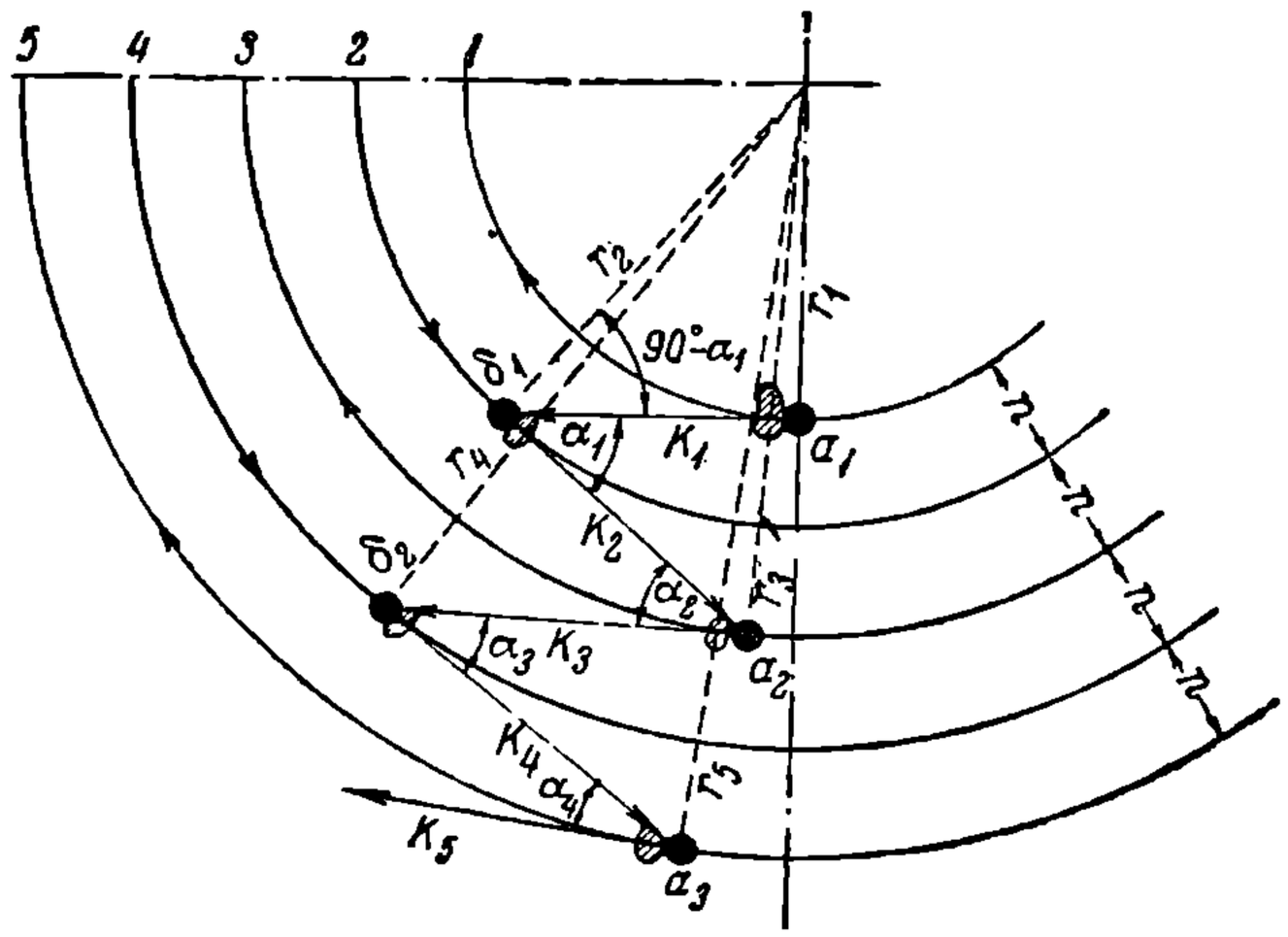


Рис. 127. Разрез дезинтегратора и схема движения зерна в аппарате.

Частица материала m, поступая через воронку в аппарат, встречает штифт a_1, который ударом отбросит ее по касательной k_1 со скоростью $r_1\omega$. На своем пути частица встретит штифт $б_1$ второго диска и будет отброшена по касательной k_2 на встречный штифт a_2 со скоростью $r_2\omega$. В момент же встречи частицы со штифтом a_2 скорость удара $v_1 = r_1\omega + r_2\omega \cos \alpha_1$, потому что скорость штифта $б_1$ проектируется на направление давления k_1 величиной $r_2\omega \cos \alpha_1$. Но с некоторым приближением можно считать, что $r_1 = r_2\omega \cos \alpha_1$. После подстановки значения $r_2 \cos \alpha_1 = r_1$, получим $v_1 = 2\, r_1\omega$.

Рассуждая точно так же об ударе частицы штифтами a_2, $б_2$, a_3 и т. д., соответственно получим скорости:

$$v_2 = 2r_2\omega;$$

$$v_3 = 2r_3\omega;$$

$$v_4 = 2r_4\omega \text{ и т. д.}$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Обозначив расстояние по радиусу между штифтами $a_1,б_1$; $a_2,б_2$; a_3 и т. д. через n, получим:

$$v_1 = 2r_1\omega; \quad v_2 = 2(r_1 + n)\omega;$$

$$v_3 = 2(r_1 + 2n)\omega; \quad v_4 = 2(r_1 + 3n)\omega;$$

$$v_5 = 2(r_1 + 4n)\omega \text{ и т. д.},$$

т. е. скорости удара увеличиваются по мере движения частицы материала к выходу в арифметической прогрессии, разность которой $-2n\omega$. А соответственно этому возрастает и сила удара.

Последний результат получен в предположении, что на каждом элементе пути n к выходу частица материала встречает штифты прямого и обратного движения дисков. Само собой разумеется, что при изменении величины n закон возрастания скоростей по арифметической прогрессии нарушается.

Если бы установленный закон скоростей не нарушался пропусками ударов некоторых штифтов (изменение пути n), то при верном расчете числа оборотов диска и определенном расстоянии n частица материала постепенно измельчалась бы и выходила бы из рабочего пространства в виде однородного по величине материала. В действительности пропуски происходят, и поэтому измельчение материала в дезинтеграторе однородностью величины зерен продукта не отличается.

Данные для дезинтегратора см. в табл. 67.

Таблица 67

Данные для дезинтеграторов [1]

Размер наружного диска *мм*	Приблизительная производительность *т/час*	Оборотов в минуту	Мощность в среднем *ЛС*	Вес *т*
2 000	30,0	250— 300	40	7,5
1 750	20,0	250— 350	30	5,4
1 500	15,0	300— 450	20	4,0
1 250	9,0	400— 600	12	3,7
1 100	6,0	400— 800	10	2,4
1 000	4,0	500— 900	9	2,2
900	2,5	600— 900	7	1,7
800	1,5	600—1000	6	1,6
700	0,8	700—1000	5	1,0
600	0,4	800—1100	4	0,8
500	0,3	800—1200	2	0,5

Из многочисленных типов дробилок с шарнирно подвешенными молотками разберем следующие группы: одновальные и двухвальные.

На рис. 128 изображена одновальная дробилка, состоящая из рамы *1*, на которой укреплен вал *4* с насаженными на нем дисками *2*; к последним, в свою очередь, свободно прикреплены молотки *3* прямоугольной формы,

[1] Преимущественно для измельчения высушенных — глины, мела и тому подобных материалов.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

занимающие почти все внутреннее помещение камеры дробилки. В зависимости от характера и крепости раздробленного материала молотки могут быть различных размеров и форм. При вращении диска со скоростью 800—1000 *об/мин* свободно насаженные молотки занимают радиальное положение и с большой силой ударяют в поступающий через приемную воронку *7* материал. Уже раздробленный материал подхватывается вслед идущим молотком и продолжает разбиваться в самой камере при ударе кусков друг о друга. Достаточно измельченный материал вываливается через решетку *8*, укрепленную в нижней части камеры на шарнире *9*.

Дробилка приводится в движение от шкива *5*, насаженного на вал *4*. Наиболее изнашивающимися частями являются молотки и решетки, которые поэтому следует изготовлять из очень хорошего материала. Обычно для этих деталей применяется хромистая сталь. Так как молоточные дробилки, как об этом сказано ранее, отличаются большой скоростью вращения дисков, то для уменьшения сопротивлений трению весьма рекомендуется применение шариковых или роликовых подшипников.

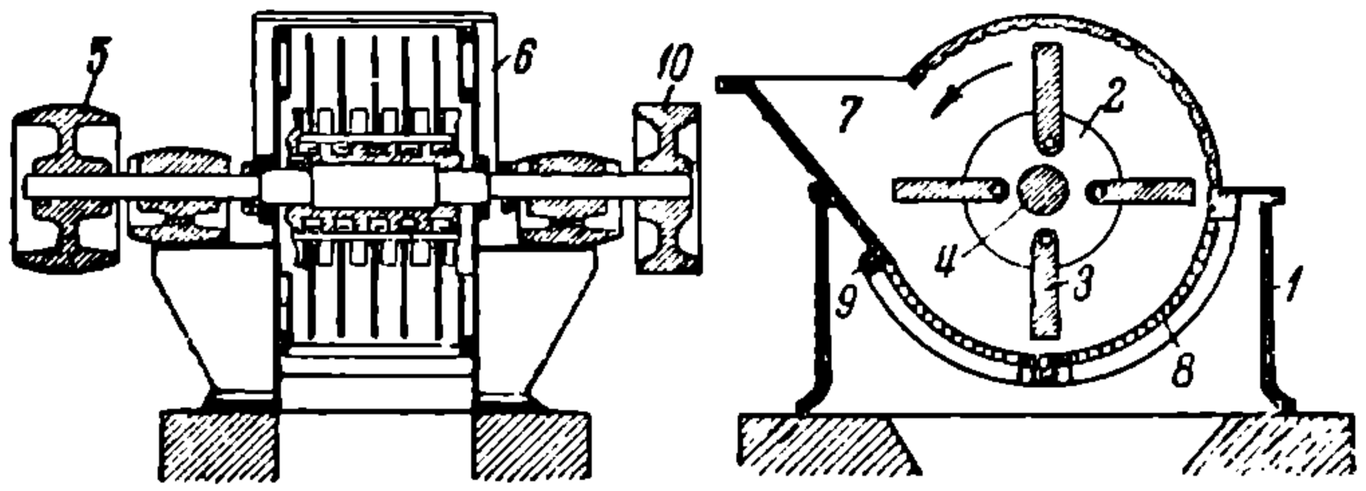


Рис. 128. Молоточная дробилка одновальная (дисковая).

Размеры раздробленного материала у молоточных дробилок зависят от формы и веса молотков, от величины отверстия между прутьями решетки, от скорости вращения вала с молотками и от характера материала.

Данные для одновальных дисковых дробилок см. табл. 68.

Таблица 68

Размер $D \times L$ *мм*	Приблизительная производительность *т/час*	Оборотов в минуту	Мощность в среднем *ЛС*	Вес в среднем *т*
460×230	2— 3	1 500	6—10	0,5
460×400	2— 4	1 500	8—12	0,8
600×400	3— 5	1 200	10—16	1,8
800×550	7— 9	1 000	25—30	3,0
800×700	8—12	1 000	30—40	3,3
1000×700	10—15	800	35—50	3,8

Другим типом одновальной молоточной дробилки является дробилка системы Клеро (Clero), изображенная на рис. 129, состоящая из металлической рамы *1*, снабженной крышкой *10*, на конце которой укреплена приемная воронка *7*. На боковых выступах рамы установлены подшипники, на которых покоится вал *4* с насаженными на нем двумя дисками *2*.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Последние связаны между собою свободно подвешенными молотками *3* П-образного типа прямоугольного или квадратного сечения, посредством которых и производится дробление материала. При вращении диска со скоростью 1000—1300 *об/мин* свободно подвешенные молотки занимают радиальное положение и с большой силой разбивают поступающий в дробилку материал.

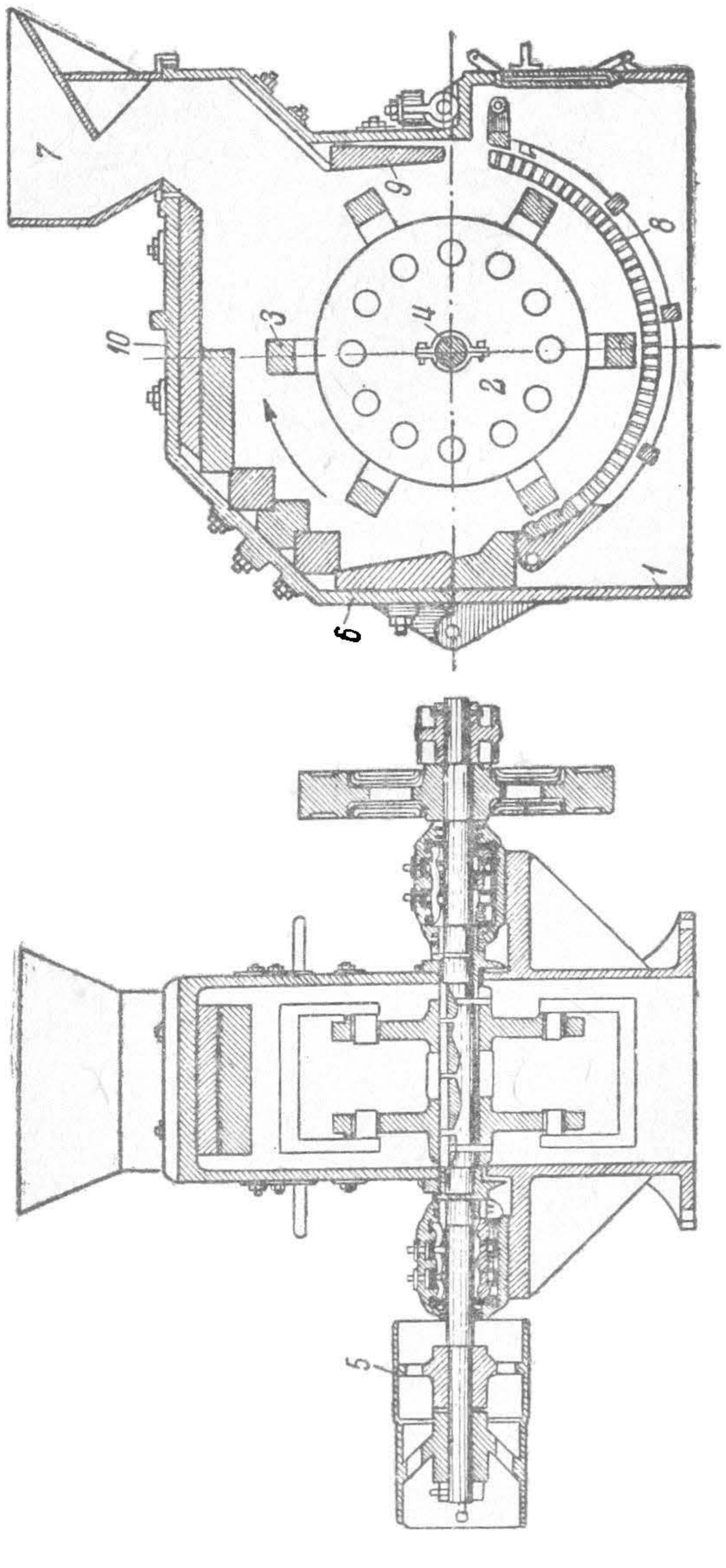


Рис. 129. Молоточная дробилка.

Вся дробилка закрыта металлическим кожухом *6*.

Для предохранения кожуха мельницы от износа таковой внутри выложен стальною броней в виде отдельных плит, легко сменяемых. В нижней части дробилки укреплена решетка *8*, через которую и вываливается готовый материал. Дробилка приводится в движение от шкива, насаженного на вал *4*. В отношении изнашивающихся частей к этой дробилке относится все сказанное для ранее описанной дробилки. Форма молотка и способ его крепления на валу изображены на рис. 130.

Данные для этого типа дробилок см. табл. 69.

К числу двухвальных молоточных дробилок относится дробилка системы Титан, фирмы Миаг (Miag), изображенная на рис. 131.

Дробилка состоит из металлической рамы *1*, на которой установлены параллельно два вала *4*, вращающиеся в противоположные стороны; на каждом валу укреплены молотки *3*, количеством от 4 до 16 штук, в зависимости от размеров аппарата.

Молотки подвешены с таким расчетом, что при ударах о твердые породы могут уклоняться от своего направления, чем создается эластичность удара. Так как этот тип дробилки служит для дробления кусков

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 69

Данные для одновальных дробилок системы „Клеро“

Размеры приемного отверстия *мм* Длина	Ширина	Приблизительная производительность *т/час*	Оборотов в минуту	Мощность *ЛС*	Вес в среднем *т*
100	200	0,5— 0,8	1 200	4— 5	0,6
120	220	1,5— 2,0	1 600	3— 5	0,3
120	220	1,0— 3,0	1 000	7— 8	0,8
180	300	3,5— 8,0	900	15—16	1,5
250	400	8,0—15,0	800	30—35	2,5

большого размера, то во избежание поломки дробилки в верхней ее части устанавливается предохранительная решетка *2* с большим расстоянием между ее прутьями. На эту решетку поступает материал и под ударами молотков раздробляется и проваливается внутрь камеры, где подвергается дальнейшему измельчению, пока не пройдет второй решетки *5*, установленной в нижней части дробилки. В остальном способ работы двухвальных дробилок не отличается от ранее описанных.

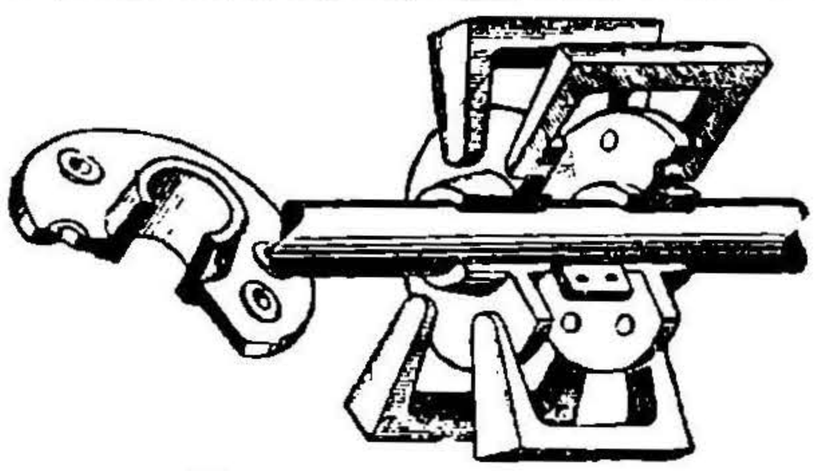


Рис. 130. Деталь крепления молотков дробилки Клеро.

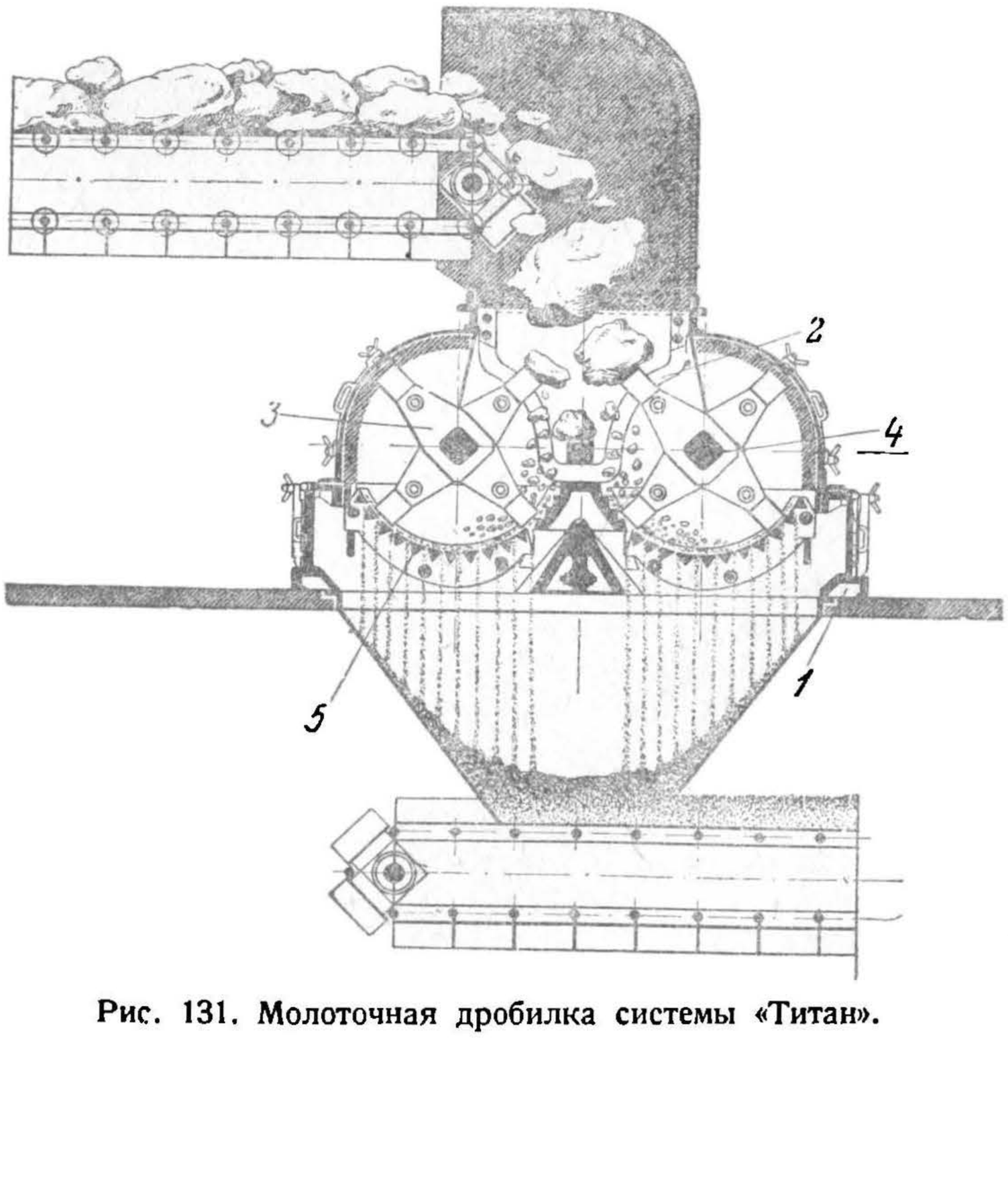


Рис. 131. Молоточная дробилка системы «Титан».

НБ УДУНТ (ДІТ)

Данные для двухвальных дробилок см. табл. 70.

Таблица 70

Данные для двухвальных дробилок системы «Титан»

Размер приемного отверстия *мм*	Приблизительная производительность в *т/час* (размер щели в 20 *мм*)	Мощность в среднем *ЛС*	Вес в среднем в *т*	Число молотков	Вес молотков в *кг*
950× 530	15— 20	24— 30	11	8	16
950× 700	20— 30	45— 55	14	12	16
950×1100	40— 60	60 — 75	18	16	16
1200× 640	30— 40	40— 60	23	8	37
1200× 820	40— 60	60— 75	25	12	37— 75
1200×1100	60— 80	70— 90	27	16	37— 75
1200×1450	80—120	120—150	36	24	37—100
1200×1900	120—160	150—200	58	32	75—100

§ 4. Мельницы

В конструктивном отношении мельницы могут быть подразделены на два основных типа:

1) мельницы с вращающимися частями, работающие отчасти раздавливанием, отчасти истиранием, причем оба действия происходят непрерывно. К таким мельницам относятся: жернова, бегуны, центробежные мельницы — шаровые или маятниковые, конусные мельницы — колокольные, кольцевые мельницы и т. п.;

2) мельницы с наполнителями, работающие отчасти истиранием, главным же образом ударом посредством свободных посторонних тел: шаров, галек, цильпебса, пульпебса, стержней и т. д., причем удары наносятся периодически, истирание же происходит непрерывно.

Такие мельницы разделяются по наружной форме на цилиндрические и конические, а по роду наполнителей — на шаровые, стержневые и т. д.

А. МЕЛЬНИЦЫ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ЧАСТЯМИ

1. Жернова

Аппараты с плоскими рабочими поверхностями с вертикальной или горизонтальной осью вращения носят названия жерновов или мельничных поставов.

Типы жерновов. В зависимости от способа расположения осей вращения жерновов, таковые разделяются на вертикальные и горизонтальные. Первые в свою очередь подразделяются на поставы: с подвижным верхним жерновом с подвижным нижним жерновом и с подвижными верхним и нижним жерновами.

Устройство жерновых мельниц. В промышленности строительных материалов жернова встречаются сравнительно редко (они сохранились еще в гипсовом производстве), а потому на подробном описании устройства жерновов останавливаться не будем, а лишь вкратце охарактеризуем их работу.

Способ работы жерновов состоит в том, что материал попадает между двумя (а иногда и тремя) горизонтально или вертикально установленными

НБ УДУНТ (ДІІТ)

поставами, вращением которых и производится измельчение материала. При этом процессе размалывающее действие зависит от силы давления на размалываемый материал, от продолжительности размола и от расстояния между размалывающими поверхностями.

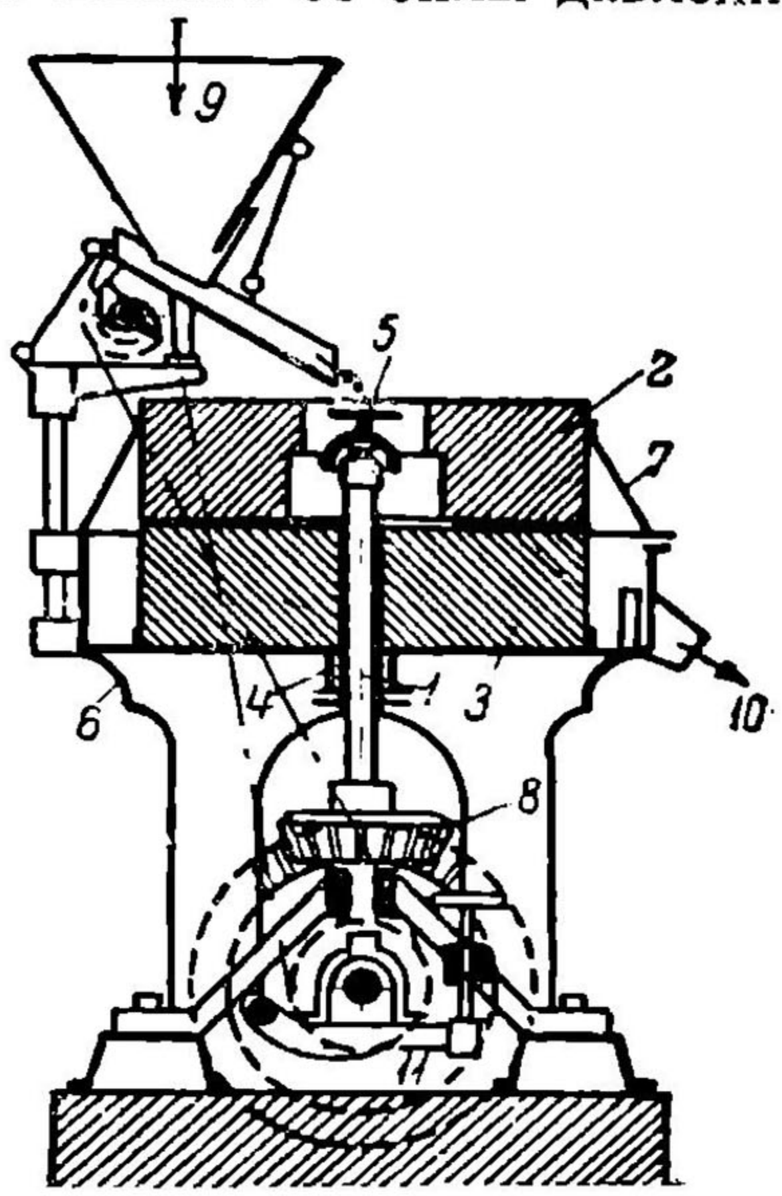


Рис. 132. Мельница с вертикальным валом и с верхним подвижным жерновом.

Рис. 132 изображает мельницу с вертикальным валом *1*, установленным во втулке *4*, и с верхним подвижным жерновом *2*, укрепленным на валу помощью так называемой параплицы *5*. Нижний неподвижный жернов *3* укреплен на раме *6*. Для предупреждения пылеобразования мельница закрыта кожухом *7*. В движение мельница может приводиться как посредством зубчатых передач *8*, так и непосредственно от шкива.

Для регулирования расстояния между жерновами устраивается рычаг *11*. Материал поступает через воронку *9* и выходит через воронку *10*. Наиболее подвергаются износу в мельницах самые жернова, которые могут быть изготовлены как из естественного или искусственного камня, так и из металла. Из каменных пород наиболее пригодными считаются кварцитовые. Обыкновенно только наружная часть жерновов, как несущая более значительную работу, изготовляется из наиболее твердого материала, внутренняя же часть может быть сделана из менее твердого материала. На трущиеся поверхности жерновов наносятся перекрещивающиеся косые бороздки шириной 25—30 *мм* и глубиной 8—10 *мм*.

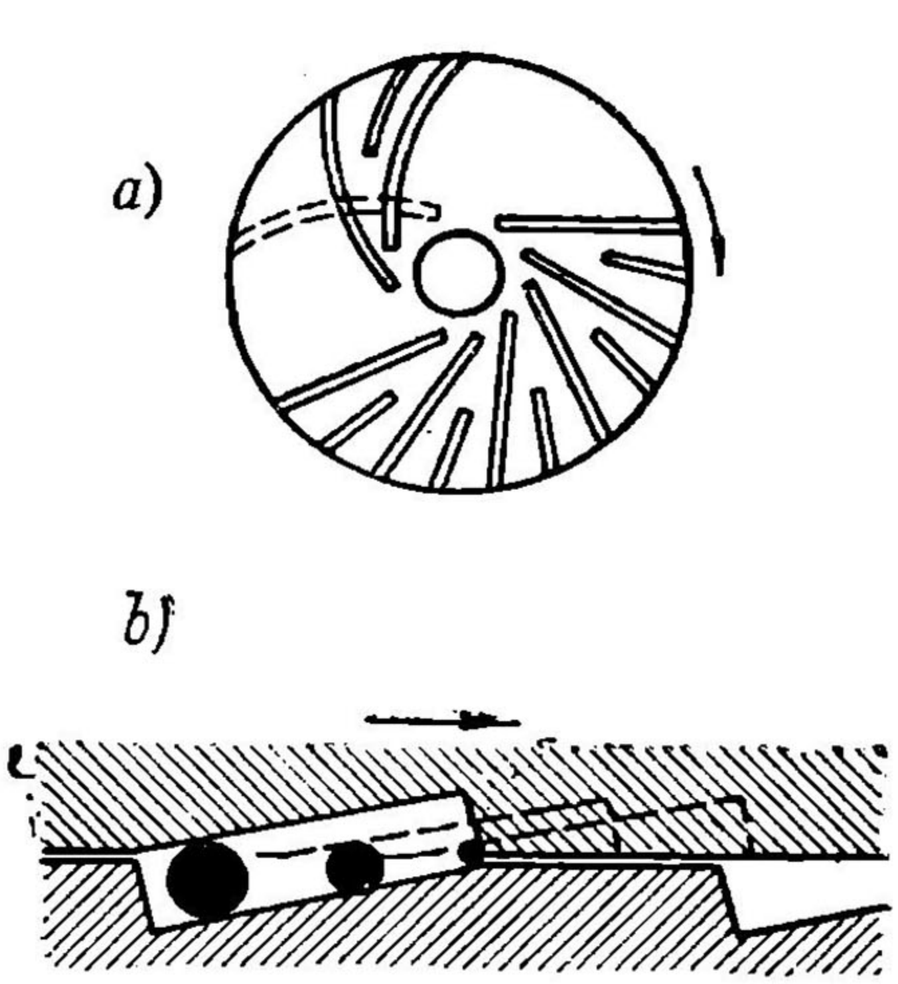


Рис. 133. Схематический вид жернова с бороздками:
а) план, *б*) разрез.

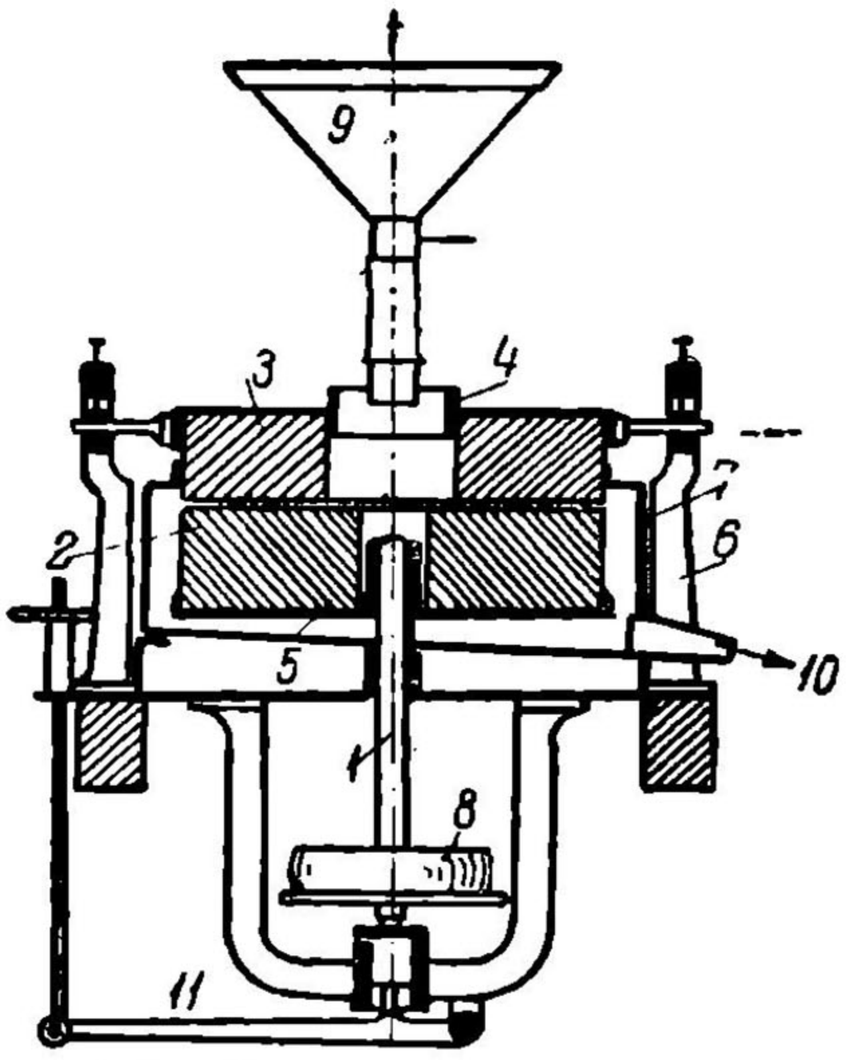


Рис. 134. Мельница с вертикальным валом и с нижним подвижным жерновом.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Очертания бороздок могут быть как прямыми, так и изогнутыми; последняя форма изображена на рис. 133, *а* в плане и в поперечном разрезе на рис. 133, *б*. Насечка бороздок производится не по направлению радиуса жернова, а по касательной, которая получилась бы, если начертить внутри жернова небольшой концентрический круг. Если считать, что изображенные на рис. 133, *а* бороздки будут принадлежать нижнему камню, то верхний жернов будет двигаться в направлении, показанном стрелкой, и его бороздка, изображенная на рисунке пунктиром, никогда не будет покрывать бороздок нижнего жернова, а при движении жерновов их бороздки будут действовать подобно ножницам. Диаметр жерновов колеблется от 500 до 1500 *мм*. При размерах жернова толщиною от 250 до 600 *мм* и диаметром 1000 *мм* вес его колеблется от 1200 до 2000 *кг*. Окружная скорость жернова в среднем составляет около 8 *м/сек*.

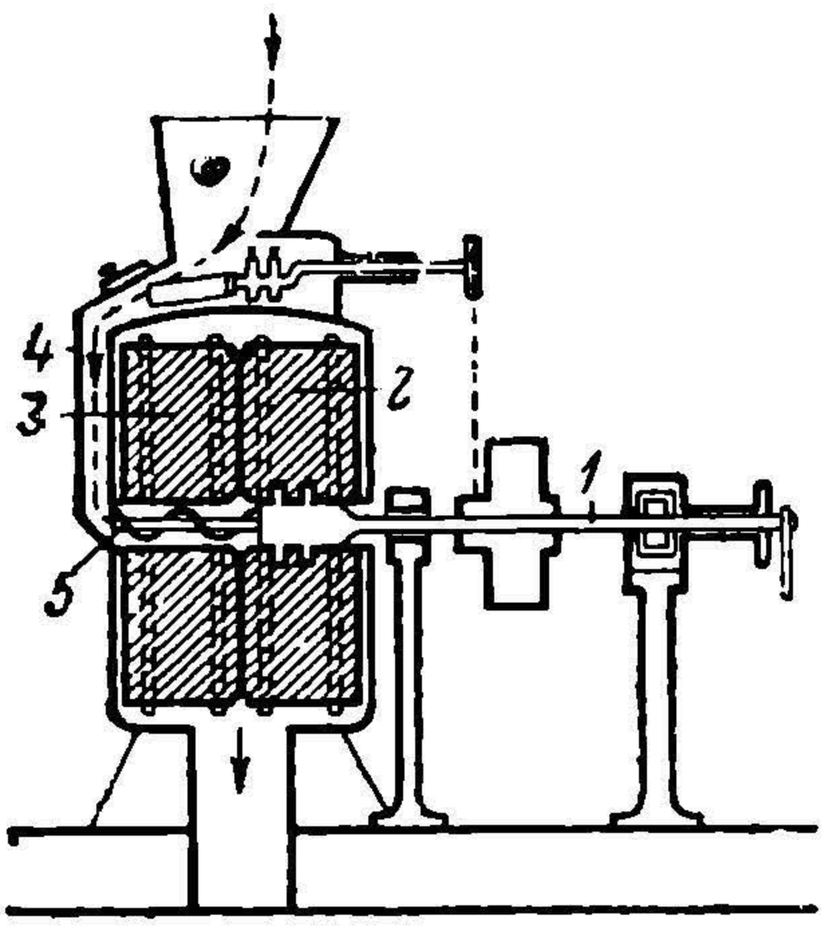


Рис. 135. Мельница с горизонтальным валом.

На рис. 134 изображена мельница с кожухом *7*, вертикальным валом *1* и с нижним подвижным жерновом *2*, укрепленным на валу посредством параплицы *5*. Верхний неподвижный жернов *3* помещается на раме *6*. Во всем остальном этот тип жернова сходен с только что описанным.

Кроме перечисленных жерновов с вертикальным валом, за последнее время нашли распространение жернова с горизонтальным валом, часто называемые «фермерами», по имени фирмы, их изготовлявшей.

Мельница системы «Фермера», изображенная на рис. 135, состоит из двух жерновов, насаженных на вал *1* и установленных, в отличие от обычных мельниц, не горизонтально, а вертикально. Жернова, из которых один (*2*) — подвижной, а другой (*3*) — неподвижный, заключены в металлический кожух *4*. Материал для измельчения подается в пространство между кожухом и жерновами, а потом через отверстие затягивается быстровращающимся шнеком *5* в центральный канал неподвижного жернова. Из канала материал тем же шнеком выбрасывается в пространство между жерновами, которыми и размалывается.

Данные для мельниц с верхним и нижним подвижным жерновом приведены в табл. 71 и 72.

2. Бегуны

Аппараты, оборудованные чашей с установленными на ней вертикальными катками, называются бегунными мельницами или бегунами.

Типы бегунов. Существующие в настоящее время в промышленности строительных материалов бегунные мельницы отличаются чрезвычайным разнообразием как в отношении области их применения, так и конструкции.

Бегуны можно различать: 1) по способу действия — периодические и непрерывные; 2) по способу размола материала — мокрый и сухой спо-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 71

Данные для мельницы с верхним подвижным жерновом

Размер жернова в *мм* *D*	Приблизительная производительность в *т/час* при остатке 8% на сите 4900 *отв/см²*	Оборотов в минуту в среднем	*ЛС* в среднем	Вес в *т* в среднем	Примечание
1000	0,4	150	8—10	1,6	С деревянной параплицей
1200	0,6	125	12—15	1,7	
1200	0,6	150	12—15	1,8	С металлической

Таблица 72

Данные для мельниц с нижним подвижным жерновом

Размер жернова в *мм* D	Приблизительная производительность в *т/час* при остатке 8% на сите 4900 *отв/см²*	Оборотов в минуту в среднем	*ЛС* в среднем	Вес в *т* в среднем	Примечание
750	0,25	300	3,0	1,3	При естественном камне
1000	0,40	225	6,0	2,4	
750	0,25	300	3,0	1,0	При искусственном камне
1000	0,40	225	6,0	1,7	

соб; 3) по назначению—для измельчения, для измельчения и перемешивания и только для перемешивания; 4) по форме катков— цилиндрические и конические; 5) по конструкции — бегуны с неподвижной чашей и бегуны с подвижной чашей; 6) по устройству привода — с верхним приводом и с нижним приводом.

В дальнейшем при ознакомлении с устройством бегунов мы подробнее остановимся на конструкции бегунов и привода, лишь вкратце касаясь остальных признаков.

Устройство бегунных мельниц. На рис. 136 изображена бегунная мельница с неподвижной чашей, с верхним приводом *6*, состоящая из рамы *7*, чаши *1* или тарелки и подпятника *5*, через центры которых проходит вертикальный вал *2*, с укрепленной на нем муфтой *8*; в последнюю, в свою очередь, вставляются два горизонтальных вала *3*, на которых и помещаются катки *4*, или бегуны. Валы катков с муфтой соединяются кривошипно, как это видно в плане рис. 136, во избежание поломок аппарата из-за возможных перекосов катков при попадании под них твердых и крупных кусков материала. При указанном соединении в случае подъема одного или обоих катков повернется лишь кривошип *9*, и никакой поломки не произойдет. К муфте также прикрепляются скребки, посред-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

ством которых производится распределение материала под катками, при этом один скребок (*11*) направляет материал от края к центру, а другой скребок (*12*) от центра к краю. Последний скребок, кроме того, делается подъемным и употребляется для разгрузки готового материала для мельниц периодического действия.

Чаша бегунов снабжается по окружности бортиком. В некоторых производствах (огнеупорном, кирпичном и др.) дно чаши делается решетчатым, чем достигается непрерывность работы бегунов. Форма отверстий решета бывает самая разнообразная: круглая, овальная, квадратная, прямоугольная и т. п., причем щели во всех случаях книзу расширяются во избежание засорения отверстий. Само собой разумеется, что с течением времени эти отверстия увеличиваются вследствие износа.

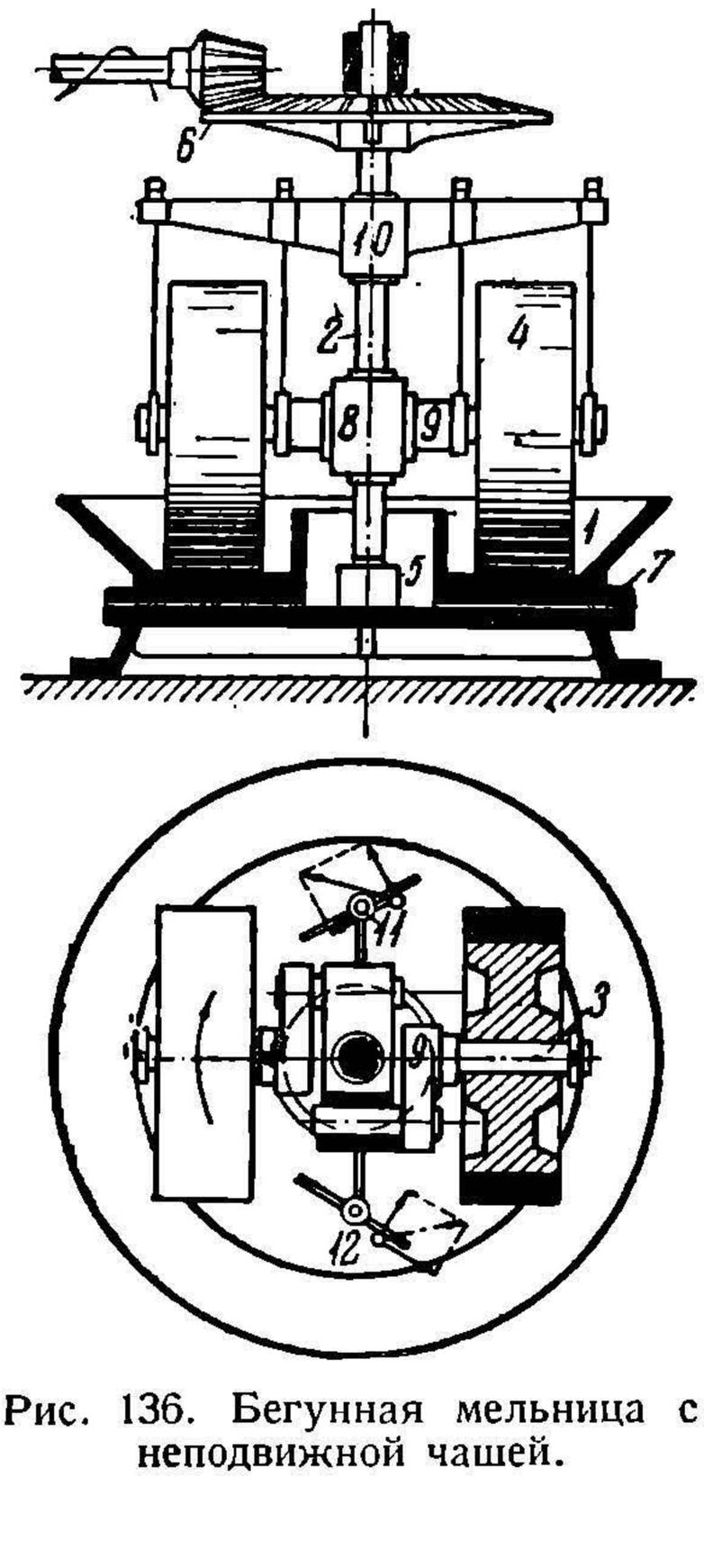


Рис. 136. Бегунная мельница с неподвижной чашей.

В зависимости от свойства поступающего в мельницу материала чаша и катки мельницы делаются либо металлическими (чугун), либо из естественного или искусственного камня (кварц, гранит, песчаник, мрамор, цемент и т. п.).

Для предохранения от износа чаши поверхность ее обычно покрывается сегментами в виде чугунных или каменных плит толщиною от 25 до 35 *мм*, легко сменяемых по мере надобности.



Рис. 137. Бегунная мельница с подвижной чашей.

Из тех же соображений на наружные части металлических катков надеваются бандажи из закаленного чугуна или из хромистой стали.

Расстояние обоих катков от вертикальной оси в большинстве случаев бывает одинаковым, но в некоторых случаях, с целью увеличения площади размола, катки устанавливаются и на неодинаковых расстояниях.

Для приведения в движение катков служит привод, состоящий из пары конических шестерен *6*.

На рис. 137 изображена бегунная мельница с подвижной чашей и с нижним приводом. Все сказанное про бегунную мельницу с неподвижной

НБ УДУНТ (ДІІТ)

чашей в равной мере относится и к этой конструкции (также и обозначения).

Ознакомившись с устройством бегунной мельницы, охарактеризуем процесс измельчения материала в этом аппарате.

Измельчение материала в бегунной мельнице происходит, во-первых, путем раздавливания и, во-вторых, путем истирания, причем последнее происходит вследствие скольжения катков при их движении по дну чаши.

В самом деле, когда вертикальная ось начинает вращаться, катки мельницы будут двигаться в двух направлениях: по нижнему кругу чаши и вокруг своих горизонтальных осей. При рассмотрении этого движения нетрудно установить, что каждая точка образующей катка имеет одинаковую угловую скорость, в то время как линейная скорость точек разная, а следовательно, при движении катков будет происходить не только их качение, но и скольжение. Чистое качение будет лишь у тех точек поверхности катков, которые расположены на средней окружности последних и соответствуют их радиусу вращения. Из сказанного следует, что наибольшему истирающему действию подвергаются края катков, что приводит к износу аппарата, но очень выгодно для целей измельчения материала,

Измельчающее и истирающее действие катка зависит от его веса, свойства поверхности и свойства измельчаемого материала. В качественном отношении истирание в бегунной мельнице зависит от радиуса вращения и от ширины обода катка.

С увеличением радиуса вращения движение катков будет приближаться к прямолинейному, т. е. скольжение, а следовательно, и истирание будет уменьшаться.

С уменьшением радиуса вращения катков и с увеличением ширины обода истирание будет увеличиваться. Таким образом, можно сказать, что для дробления следует брать катки большего радиуса и с нешироким ободом, а для перемешивания катки меньшего радиуса и большей ширины.

К достоинствам бегунных мельниц следует отнести простоту конструкции, незначительные уход за ними и ремонт, возможность регулировать в широких пределах гранулометрический состав помола.

Таблица 73

Данные для бегунных мельниц с неподвижной чашей

Размеры катка в *мм*		Вес катка в *кг*	Приблизительная производительность в *т/час*	Оборотов в минуту	*ЛС* в среднем	Вес *т*
D	*b*					
500	125	165	0,035	30	0,5	0,8
650	200	360	0,050	27	1,5	1,6
800	250	700	0,150	25	2,5	3,1
1000	300	1100	0,300	22	4,0	4,6
1260	320	2000	0,500	19	6,0	8,0
1500	400	3000	0,800	15	8,0	13,0
1700	400	4200	1,200	13	10,0	18,1
2000	500	6500	1,600	12	12,0	27,0

НБ УДУНТ (ДІІТ)

К недостаткам их относятся: большие размеры, значительный вес, небольшая производительность и большой расход энергии.

Данные для бегунных мельниц см. в табл. 73 и 74.

Таблица 74

Данные для бегунных мельниц с подвижной чашей

Размеры катка в *мм*		Вес катка *кг*	Приблизительная производительность[1] *т/час*	Оборотов в минуту	*ЛС* в среднем	Вес *т*
D	*b*					
1 000	300	1 400	1 250	20	5— 6	6,4
1 260	360	2 400	1 500	20	6— 8	9,6
1 500	400	4 200	2 000	18	8—14	15,6
1 800	450	5 000	3 000	18	15—18	19,8
2 000	500	6 800	3 750	16	18—22	28,6

Расчетные данные. Условия для втягивания материала бегунами.[2] Для работы бегунов необходимо, чтобы тело *Б* было втянуто в промежуток между поверхностями бегуна и чаши. Для этого должно быть соблюдено следующее условие. На тело *Б*, как это видно из рис. 138, действуют две силы: радиальная — Q и касательная — P, причем последняя зависит от величины первой силы и от коэфициента трения материала о материал ($f = 0{,}3 \div 0{,}7$). Зависимость эта может быть выражена следующим равенством:

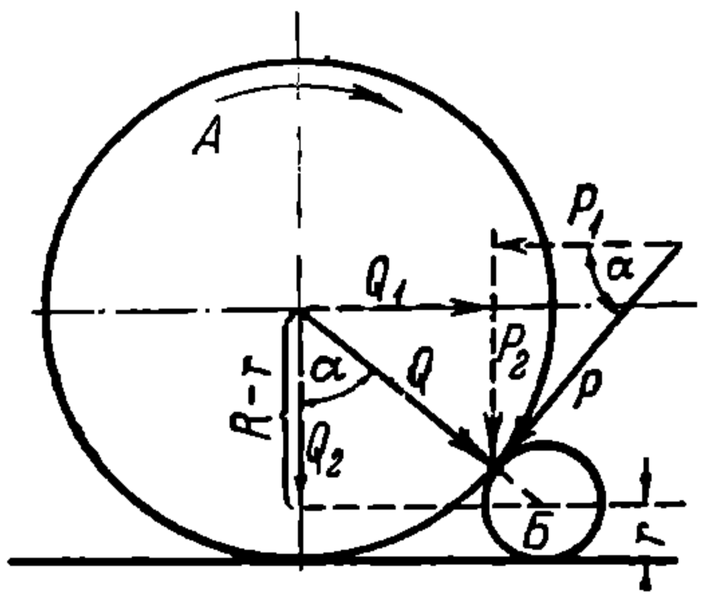


Рис. 138. Схема распределения усилий, втягивающих материал бегунами.

$$P = f \quad Q.$$

Разложив эти силы соответственно на горизонтальные и вертикальные, согласно рисунку, получим:

$$Q_1 = Q \cdot \sin \alpha;\ Q_2 = Q \quad \cos \alpha;$$

$$P_1 = P \quad \cos \alpha;\ P_1 = f \quad Q \quad \cos \alpha;\ P_2 = P \cdot \sin \alpha.$$

Обе вертикальные силы давят на тело *Б*, а из горизонтальных одна сила (P_1) стремится втянуть тело, а другая (Q_1) вытолкнуть. Следовательно, для условия втягивания тела можно написать следующее неравенство:

$$Q_1 < P_1 \text{ или } Q \quad \sin \alpha < P \quad \cos \alpha;\ Q \quad \sin \alpha < f \quad Q \quad \cos \alpha;$$

$$\text{или } \operatorname{tg} \alpha < f;\ \alpha < \varphi,$$

где φ — угол трения материала о бегун, т. е. величина втягивающего угла зависит от коэфициента трения, а угол втягивания должен быть

[1] Производительность для глины пересчитана на количество стандартного кирпича в штуках.

[2] Н. П. Ваганов, Бегуны, журнал «Огнеупоры», № 6. 1935.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

меньше угла трения. Кроме того, величина этого угла зависит от диаметра бегуна и от размера куска камня: с увеличением размеров последнего угол становится меньше.

Определение соотношения между размерами материалов и бегуна. Из рис. 138 имеем:

$$R - r = (R + r)\cos\alpha; \quad R - r = R\cos\alpha + r\cos\alpha;$$

$$R - R\cos\alpha = r + r\cos\alpha; \quad R(1 - \cos\alpha) = r(1 + \cos\alpha);$$

$$2R(1 - \cos\alpha) = 2r(1 + \cos\alpha); \quad D = d\left(\frac{1+\cos\alpha}{1-\cos\alpha}\right).$$

При изменении α в пределах от 25 до 30° соответственно $D = (15 \div 20)\ d$.

Определение потребной мощности для двигателя. Мощность, потребная для двигателя бегунов, приблизительно может быть определена, если подсчитать сопротивление трению при качении и при скольжении.

Сопротивление трению при качении по закону Кулона может быть выражено следующим образом:

$$N_1 = \frac{v \quad f_2 \cdot G}{75R},$$

где

v — скорость качения в *м/сек*;
f_2 — коэфициент трения (второго рода);
R — радиус катка в метрах;
G — вес катка в килограммах.

Сопротивление трению при скольжении может быть определено следующим образом (см. схему на рис. 139). Обозначим ширину обода через b; радиусы вращения точек, лежащих соответственно на наружной, на середине и на внутренней стороне обода, через $r_н$, $r_{ср}$ и $r_в$; вес катка через G. Тогда скорость точек, лежащих на наружной стороне обода будет:

$$v_н = \frac{2\pi \cdot r_н \quad n}{60}$$

То же на середине обода:

$$v_{ср} = \frac{2\pi \cdot r_{ср} \quad n}{60}$$

То же на внутренней стороне обода:

$$v_в = \frac{2\pi \cdot r_в \quad n}{60}$$

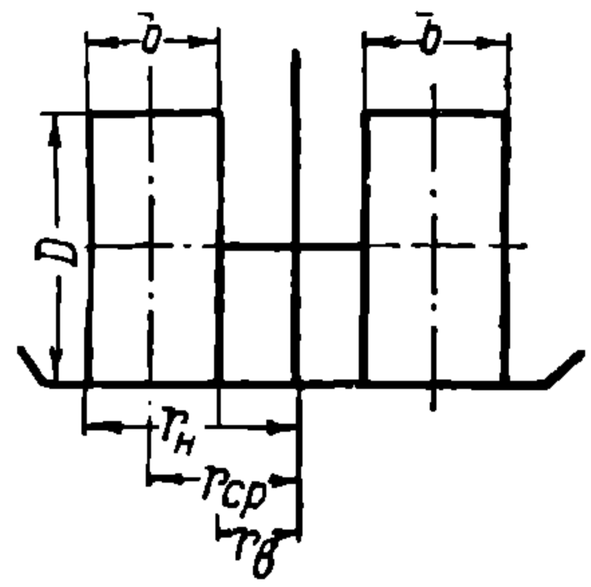


Рис. 139. Схема бегунов.

при этом $v_н > v_{ср} > v_в$.

Разность между $v_н$ и $v_{ср}$ будет не что иное, как путь, проходимый этой точкой при скольжении. Обозначив его через $w_н$, получим:

$$w_н = \frac{2\pi \cdot r_н \cdot n}{60} - \frac{2\pi \cdot r_{ср} \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot n\,(r_н - r_{ср})}{60} = \frac{\pi \cdot n \cdot b}{60},$$

так как

$$r_н = r_{ср} + \frac{b}{2}.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Точно так же для точек, лежащих на внутренней стороне этого обода можно написать:

$$w_в = v_{ср} - v_в = \frac{2\pi \cdot r_{ср} \cdot n}{60} - \frac{2\pi \cdot r_в \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n \cdot b}{60}.$$

Если точка, взятая на наружной стороне обода, проходит скольжением в минуту путь, равный $\pi \quad n \quad b$, а точка, взятая по середине обода, не имеет скольжения, то в среднем все точки между вертикальной осью и наружной и внутренней гранями обода проходят скольжением путь $\frac{\pi \cdot n \cdot b}{2}$, причем точки на наружной грани обода скользят назад, а точки на внутренней грани обода скользят вперед.

Если обозначим полезную силу, приложенную по касательной к окружности радиуса $r_{ср}$, через K, то можно у тановить следующую зависимость между полезной силой K и силой трения при скольжении:

$$2\pi \cdot r_{ср} \cdot n \cdot K = f_1 \cdot G \cdot \frac{\pi \cdot n \cdot b}{2},$$

откуда

$$K = \frac{f_1 \cdot G \cdot b}{4r_{ср}},$$

где f_1 — коэфициент трения первого рода.

Из этой формулы следует, что сила K возрастает с увеличением ширины обода и с уменьшением радиуса вращения. Это подтверждает то, что было сказано раньше.

Таким образом потребная мощность, необходимая на преодоление сил трения при скольжении в лошадиных силах, будет

$$N_2 = \frac{m \cdot K \cdot v_{ср}}{75}$$

(где m — число катков), или

$$N_2 = \frac{m \cdot f_1 \cdot G \cdot b \cdot 2\pi \cdot r_{ср} \cdot n}{4r_{ср} \cdot 75 \quad 60} = \frac{\pi \cdot f_1 \quad G \cdot b \cdot n \quad m}{9000}.$$

Полная потребная мощность двигателя для бегунов будет:

$$N = N_1 + N_2 = \frac{m \cdot v_{ср} \quad f_2 G}{75 \cdot R} + \frac{m \cdot K \cdot v_{ср}}{75} =$$

$$= \frac{\pi \cdot r_{ср} \cdot n \cdot f_2 \cdot G \cdot m}{R \cdot 2250} + \frac{\pi \cdot f_1 \cdot n \cdot b \cdot G \cdot m}{9000}$$

или приближенно:

$$N \approx m \quad n \quad G \cdot \left(\frac{r_{ср} \quad f_2}{750 \cdot R} + \frac{b \cdot f_1}{3000} \right).$$

Пример. Определить потребную мощность двигателя для бегунной мельницы, если диаметр катка 1,5 *м*, ширина его 0,4 *м*, число катков 2, число оборотов в минуту 16, средний диаметр окружности 1 *м*, $f_1 = 0{,}3$, $f_2 = 0{,}03$, вес катка 3500 *кг*.

$$N = \frac{\pi \cdot r_{ср} n \cdot f_2 \cdot G \cdot m}{R \cdot 2250} + \frac{\pi \cdot n \cdot f_1 \cdot b \cdot G \cdot m}{9000} =$$

$$= \frac{3{,}14 \cdot 0{,}5 \cdot 16{,}0 \cdot 0{,}03 \quad 3500 \cdot 2}{0{,}75 \cdot 2250} + \frac{3{,}14 \cdot 16 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}4 \cdot 3500 \cdot 2}{9000} =$$

$$= 3{,}00 + 4{,}68 \approx 8 \text{ } ЛС.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3. Шаровые мельницы центробежные (типа Фуллера)

К центробежным шаровым мельницам относятся мельницы систем «Рулет» (Roulette), «Фуллер-Лехай» (Fuller-Lehigh) и др.

Мельницы системы Фуллера бывают двух типов: с регулированием тонкости помола посредством сит и с регулированием посредством воздушного сепаратора.

Рис. 140 изображает мельницу системы «Фуллера». Предварительно измельченный материал поступает в верхнюю приемную воронку, откуда подается в мельницу. Рама самой мельницы состоит из двух цилиндрических чугунных коробок, установленных одна на другую. Внутри коробок проходит вертикальный вал, приводимый во вращательное движение зубчатым приводом, расположенным в нижней части мельницы.

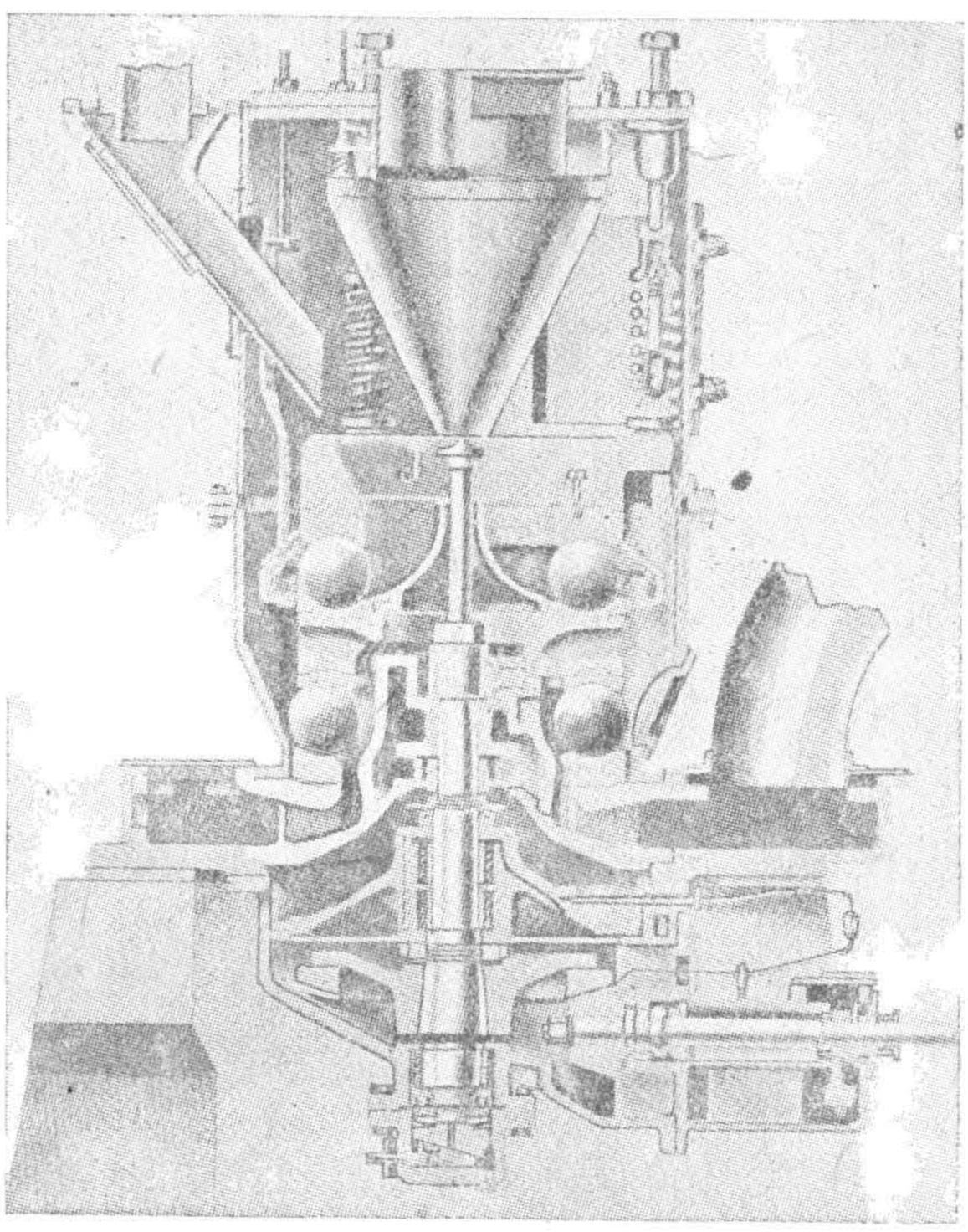


Рис. 140. Шаровая мельница типа Фуллера.

При вращении вала приводятся в движение среднее кольцо и стальные тяжелые шары диаметром 200—300 *мм*, которые благодаря развивающейся центробежной силе измельчают поступающий сюда материал. На валу мельницы имеется вентилятор, расположенный под мелющей поверхностью, который служит для отсасывания через сортировочную камеру готовой пыли и для направления ее в сепаратор. Мельница Фуллера с воздушной сортировкой позволяет размалывать уголь без предварительной его подсушки, а также регулировать тонкость помола угля, не останавливая мельницы.

Данные для этой мельницы приведены в табл. 75.

4. Роликовые мельницы

Мельницы, в которых измельчение материала осуществляется посредством роликов, разделяются на два типа: а) маятниковые и б) кольцевые.

Маятниковые мельницы. К маятниковым мельницам относятся мельницы систем Гриффина (Griffin), Раймонда (Raymond), Брэдлея (Bradley) и др.

Мельница системы Раймонда представляет собою аппарат, в котором объединено измалывающее устройство с сепарацией.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 75

Данные для мельниц системы «Фуллера».

Диаметр кольцевого жолоба *мм*	Размер поступающих в мельницу кусков *мм*	Приблизительная производительность *т/час*			Оборотов в минуту	*ЛС*			Вес *т*
		I	II	III		I	II	III	
610	19	0,5	—	—	300	10—15	15— 18	—	3,6
840	19	3,0	2,0	—	210	—	30— 35	35— 40	3,7
1 060	25	6,0	4,0	2,0	160	—	50— 60	60— 75	14,3
1 450	32	12,0	9,0	4,5	130	—	100—125	125—150	27,3

Примечание. I — слабые материалы: мел, глина полевой шпат, гипс, каолин, комовая известь, асфальт; II — материалы средней прочности: уголь, мрамор, известняк, барит, клинкер шахтных печей, фосфат; III — прочные материалы: клинкер вращающихся печей.

При тонкости помола прошло сквозь сито 4900 *отв/см²* — 85%.

В этой мельнице, как это видно из рис. 141, фундаментная плита поддерживает вертикальную стойку, через которую проходит вертикальный вал *1*, соединенный с приводом посредством конических шестерен. В верхней части вала к нему прикреплена ступица *2*, к которой подвешено, смотря по величине мельницы, от 2 до 6 свободно качающихся маятников *3*, которые на концах имеют по одному перемалывающему ролику *4*. Последние могут вращаться вокруг висячего вертикального вала и вместе с этим валом качаться вокруг короткого горизонтального вала, укрепленного в ступице.

Таблица 76

Данные для мельниц системы «Раймонда»

Число маятниковых роликов в штуках	Приблизительная производительность *т/час*	Мощность в среднем *ЛС*	Вес *т*
2	2	50	12
3	3	60	13
4	4	70	14
5	5	80	15
6	6	95	17

Примечания: 1) Продукт — угольная пыль. 2) При тонкости помола прошло сквозь сито 10 000 *отв/см²* — 85%.

Во время вращения вала вместе со ступицей размалывающие тела — ролики — прижимаются под влиянием центробежной силы к мельничному ободу *5*. Этот обод обычно делается сменяющимся. Размалывающие тела больше давят материал, чем растирают его. Во избежание порчи подшипников и других деталей от пыли все части должны быть хорошо пригнаны. Кругом нижней части корпуса имеется несколько отверстий с направленными внутрь жолобами. Снаружи эти отверстия окружены кожухом из листового железа, в который вдувают воздух с давлением немного выше атмосферного.

Этот воздух проходит в мельнице вверх, увлекает за собою измолотый материал и отводит его в пылеуловители. Недостаточно измельченный материал попадает снова в нижнюю часть корпуса и подвергается дальней-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

шему помолу. Материал остается в мельнице до тех пор, пока не станет настолько мелким, что его можно будет увлечь поднимающейся вверх струей воздуха. Таким образом, можно регулировать степень измельчения материала путем регулирования количества вдуваемого воздуха.

Так как давление воздуха в мельнице выше, чем в окружающем пространстве, то для загружаемого материала следует иметь распределительное устройство; последнее состоит из загрузочной воронки *6* и питателя *7*, который регулирует подачу материала в мельницу и одновременно препятствует выходу воздуха из корпуса мельницы. Увлеченная воздушным вихрем пыль направляется в циклон, где происходит ее осаждение.

Мельница системы «Раймонда» с 6 маятниками установлена в Ленинграде на 1-й ГЭС для размола угля. Производительность мельницы при размоле донецких углей марок ПЖ и Г составляет 10 — 12 *т/час*, при тонкости помола с остатком на сите № 30—6,5% и на сите № 70 — 50%, при расходе энергии на 1 *т* от 20 до 30 kWh.

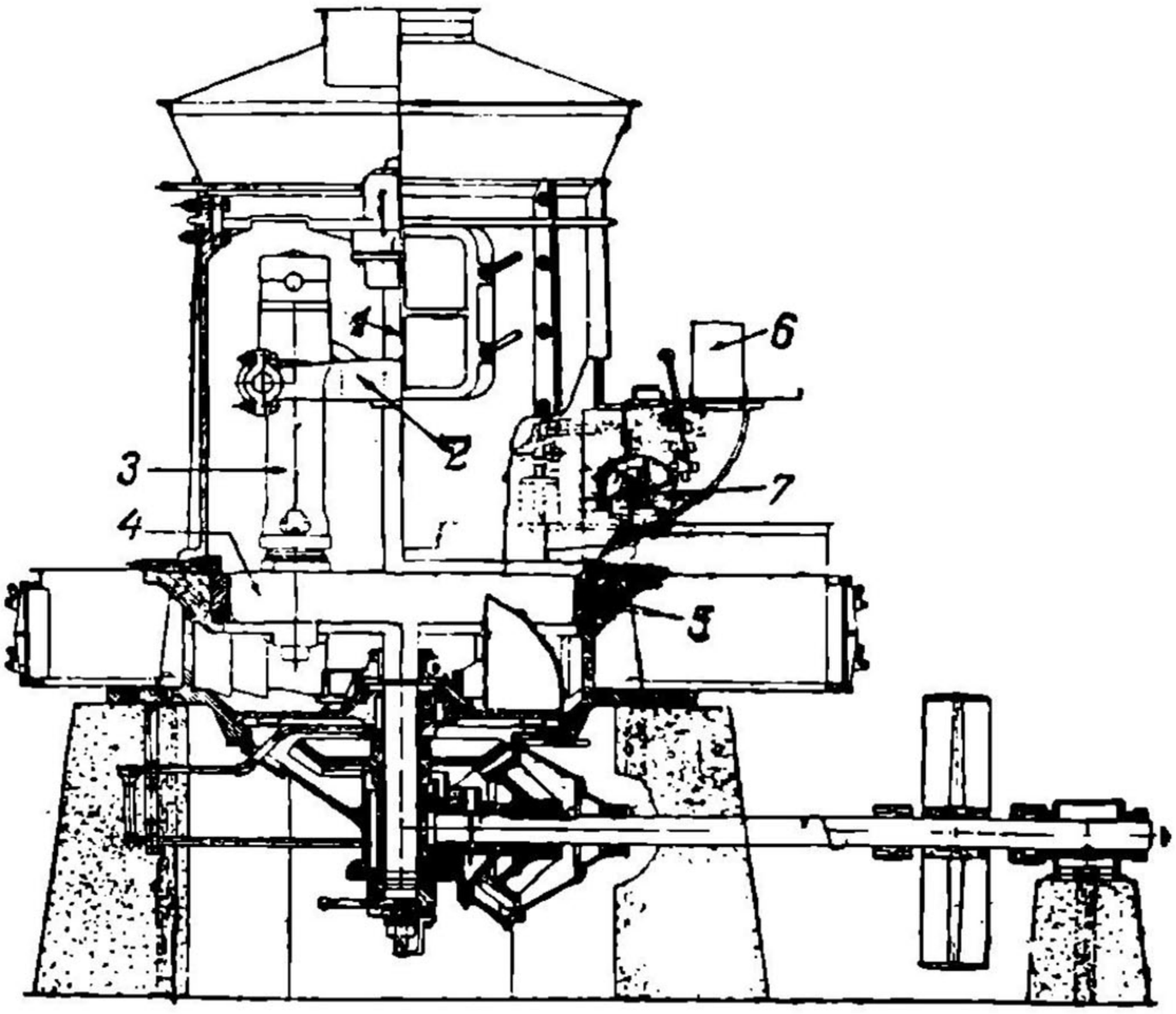


Рис. 141. Роликовая мельница типа Раймонда.

К недостатку мельниц системы «Раймонда» относится невозможность смазки роликов во время работы мельницы. Отсутствие же смазки ведет к однобокому износу роликов, что в конечном результате нарушает работу мельницы.

Кольцевые мельницы. Роликовая (кольцевая) мельница (рис. 142) состоит из металлического кожуха *1*, внутри которого размещены три ролика, установленные в подшипниках *2*. Последние в свою очередь помещены в опоры *3*, которые шарнирно закреплены на осях *4*, что позволяет им свободно качаться вокруг этих точек. Кожух снабжен отверстиями с крышками *5* и *6*, служащими для прочистки и небольшого ремонта аппарата. Для наблюдения за работой аппарата предусмотрены другие отверстия, также закрываемые крышками.

На одном из роликов (верхнем) установлено кольцо *7*, которое прижимается к роликам помощью пружин *8*. Давление в пружинах, действующих на ролики, регулируется посредством нажимных винтов *13*.

Для питания мельницы предусматривается воронка *9* с задвижкой, соединенной посредством винта *10* с маховичком *11*. Для быстрого прекращения подачи материала в мельницу служит рукоятка *12*, соединенная с другой задвижкой.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

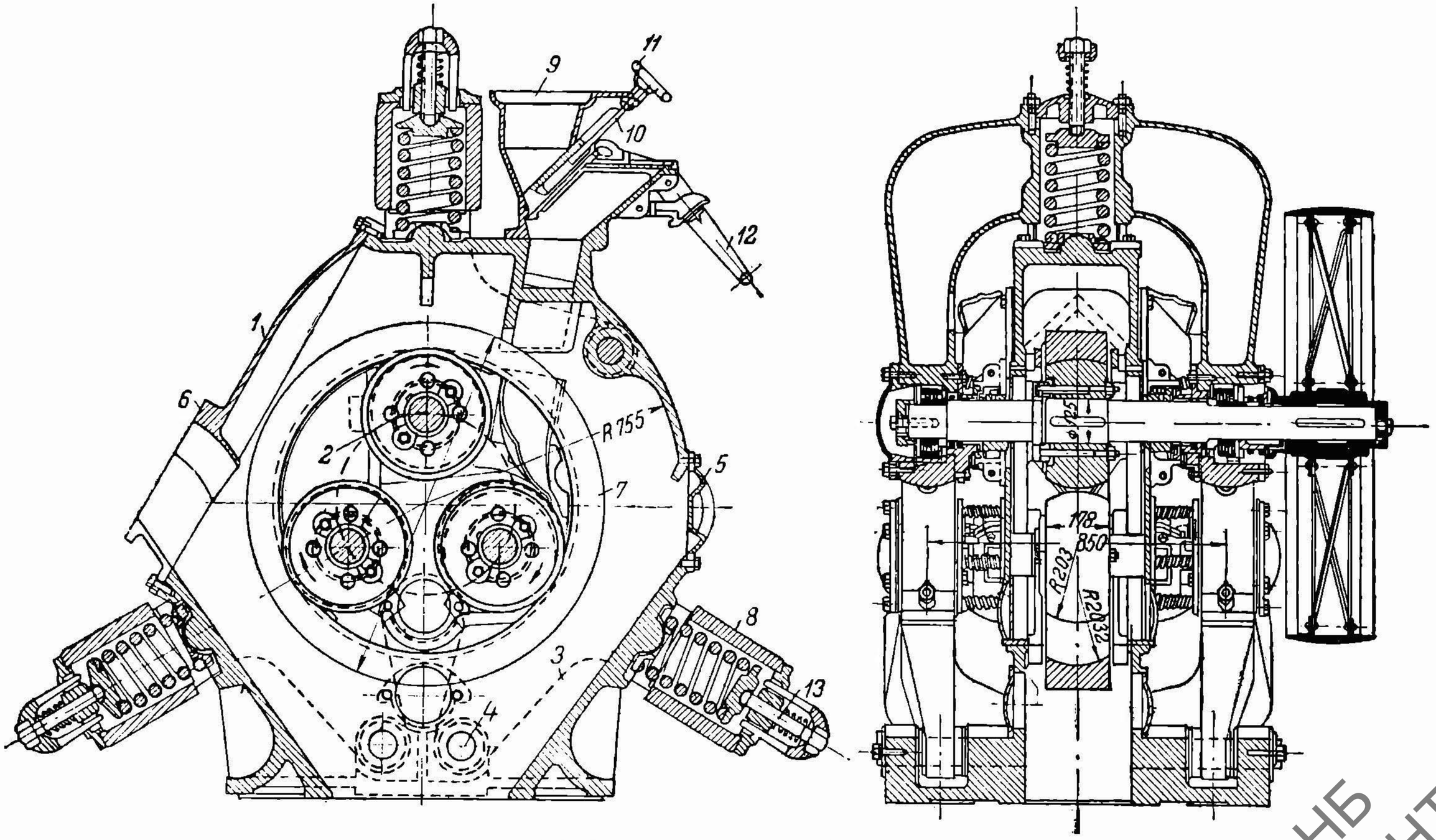


Рис. 142. Роликовая (кольцевая) мельница.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

Движение передается кольцу мельницы посредством верхнего ролика, на валу которого насажен приводной шкив. Два нижних ролика приводятся в движение трением материала, поступающего между кольцом и роликами.

Измельчение материала в мельнице производится тремя стальными роликами и кольцевым поясом. Размер поступающих кусков материала находится в зависимости от размеров роликов и пояса, но обычно не превышает 30 *мм* в поперечнике.

Материал, поступающий в мельницу через воронку, вследствие центробежной силы удерживается на рабочей поверхности пояса и раздавливается всеми тремя роликами.

Ролики имеют слегка бочкообразную форму. Тонкость помола регулируется натяжением пружин.

Раздробленный и размолотый материал падает с обеих сторон кольца и выходит через нижнее отверстие в мельнице. Вследствие образования слоя материала между кольцом и роликами непосредственного соприкосновения между последними не происходит.

Пружинные опоры у роликов смягчают толчки и удары, благодаря чему исключена необходимость в устройстве большого фундамента для мельницы.

Наиболее изнашивающимися частями роликовой мельницы являются пояс и ролики, от исправного состояния которых зависят продуктивность работы и однородность получаемого материала. Материалом для изготовления пояса и роликов служит марганцовистая или хромистая сталь.

Для предохранения от возможных поломок ответственных деталей мельницы, в случае попадания в нее посторонних металлических тел (гаек, болтов и пр.), служат пружины, которые своим натяжением регулируют одновременно и степень равномерности продуктов измельчения. Чем сильнее натянуты пружины, тем равномернее продукт измельчения.

Питание мельницы должно производиться равномерно и непрерывно, вследствие чего между поверхностями роликов и поясом будет всегда находиться слой материала.

Для удовлетворительной работы приводных механизмов их необходимо регулярно смазывать. В большинстве случаев применяют жидкую кольцевую смазку.

Роликовые мельницы используют для измельчения материалов средней (магнезит) и слабой прочности при крупности поступающего материала в пределах от 15 до 25 *мм*. Наибольшее распространение эти мельницы получили в магнезитовом производстве и на электростанциях.

Таблица 77

Данные для кольцевых мельниц

Размеры в *мм*			Приблизительная производительность в *т/час* при остатке 10% на сите 4900 *отв/см²*	Мощность в среднем *ЛС*	Оборотов в минуту	Вес в *т*		
Кольцо *D*	Ролики					Мельницы	Кольца	Ролика
	D	*b*						
800	335	180	4—5	20—30	220	3,2	0,25	0,06
1000	420	250	6—7	30—40	175	4,8	0,42	0,10

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Недостатком этих мельниц является быстрый износ кольца и роликов, причем, по данным практики, кольцо изнашивается быстрее роликов, конечно, при условии изготовления их из одного и того же материала. Известны кольцевые мельницы систем: Кента (Kent), Грубера (von Curt von Gruber-«Maxecon»), Круппа (Krupp), Пфейфера (Pfeiffer) Стюртеванта (von Sturtevant «Ring-Roll»), Вальтера (Walter) и др.

Данные для кольцевых мельниц приведены в табл. 77.

Б. МЕЛЬНИЦЫ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ (ШАРОВЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ)

1. Типы мельниц

Шаровая мельница представляет собою агрегат, состоящий из барабана, выложенного внутри предохранительными плитами и наполненного металлическими или каменными телами, при помощи которых при вращении барабана осуществляется измельчение подающегося в барабан материала.

Шаровые мельницы являются наиболее простыми аппаратами для измельчения. Однако независимо от общей простоты их устройства шаровые мельницы в конструктивном отношении отличаются чрезвычайным разнообразием.

Классификация мельниц производится по следующим признакам: по внешней форме барабана, по роду помола (сухой, мокрый), по роду привода, по роду внутренней облицовки барабана, по роду загружаемых в мельницу дробящих тел или наполнителей, по циклу работы и по способу разгрузки.

По внешней форме мельницы можно подразделить на цилиндрические и конические.

Цилиндрическая мельница, как показывает само название, состоит из цилиндрической сварной или клепаной металлической трубы, или барабана с кольцами из углового железа, надетыми в нагретом состоянии на оба конца и затем точно обточенными. Днища, в зависимости от способа разгрузки материала, делаются с прилитыми цапфами, расположенными с двух или с одной стороны. В некоторых типах мельниц устаналиваются пригнанные кольца для патрубков приемной воронки, через которую подается свежий материал. В этом случае с другой стороны у выхода материала устанавливается решетка. На барабан насаживается стальное зубчатое колесо с фрезерованными зубьями, служащее для привода мельницы в движение. В случае установки мельницы на опорных роликах на барабан насаживаются еще стальные бандажи. Мельницы с центральным приводом не имеют шестерни.

Для предохранения мельницы от скорого изнашивания внутренняя сторона барабана выкладывается стальными или кремнистыми плитами, образующими так называемую футеровку мельницы.

В зависимости от конструкции и от длины мельницы последняя может быть однокамерной, двухкамерной и многокамерной. На рис. 143 и 144 представлена цилиндрическая мельница (схема).

Коническая мельница, в отличие от цилиндрической, изготовляется с измененным диаметром ее по длине. Со стороны входа материала эта мельница имеет короткий крутой конус с углом при вершине в 120°, а со стороны выхода — пологий длинный конус с углом при вершине в 60°; средняя часть мельницы остается цилиндрической. Пред-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

полагают, что при вращении мельницы, загруженной стальными шарами разного диаметра, благодаря разной окружной скорости и, следовательно, различной по величине центробежной силе, в ней произойдет соответствующее распределение нагрузки, т. е. шары больших размеров займут часть

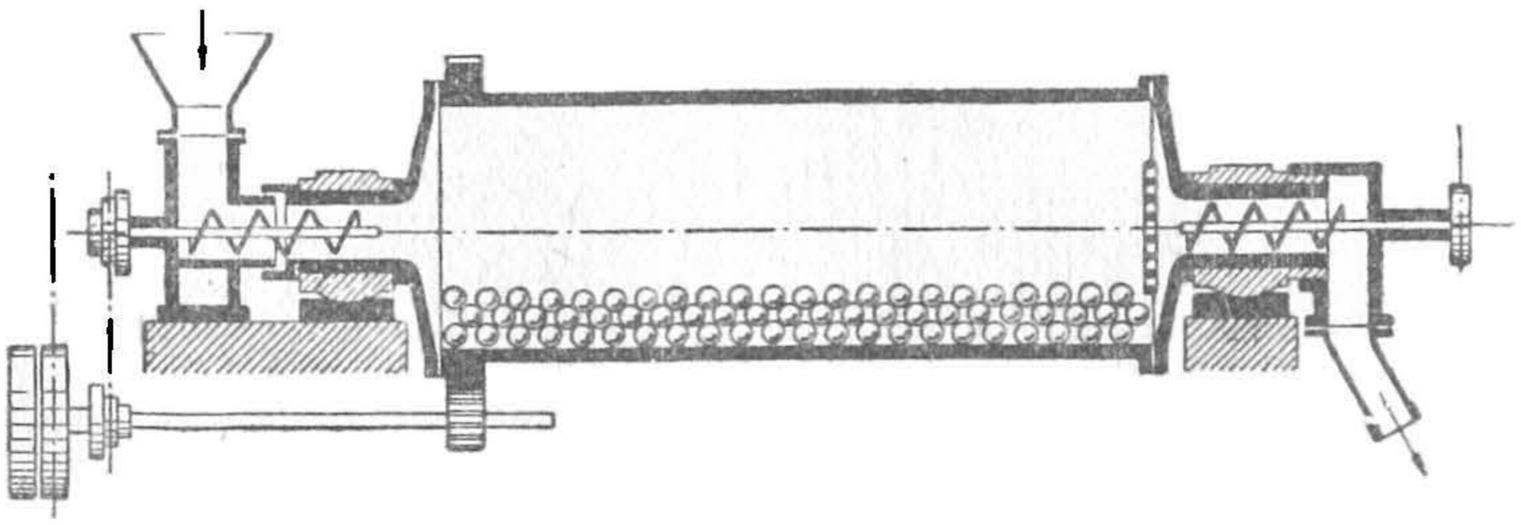


Рис. 143. Схема цилиндрической шаровой мельницы.

мельницы, имеющей наибольшую окружную скорость, а именно цилиндрическую. В конической части мельницы останутся шары меньших размеров с диаметром, убывающим по мере уменьшения диаметра конуса. Следовательно, во время работы мельницы кинетическая энергия падающих шаров уменьшается по мере продвижения материала к выходу, что соответствует постепенному уменьшению кусков материала.

Как результат такого приведения в соответствие размеров кусков материала, подлежащего измельчению, и необходимой силы удара получается уменьшение потребной мощности, по сравнению с цилиндрической мельницей, в которой все шары при подъеме на одинаковую высоту двигаются с одинаковой скоростью. Этот тип мельницы пока не нашел применения в нашей промышленности. На рис. 145 представлена схема конической мельницы.

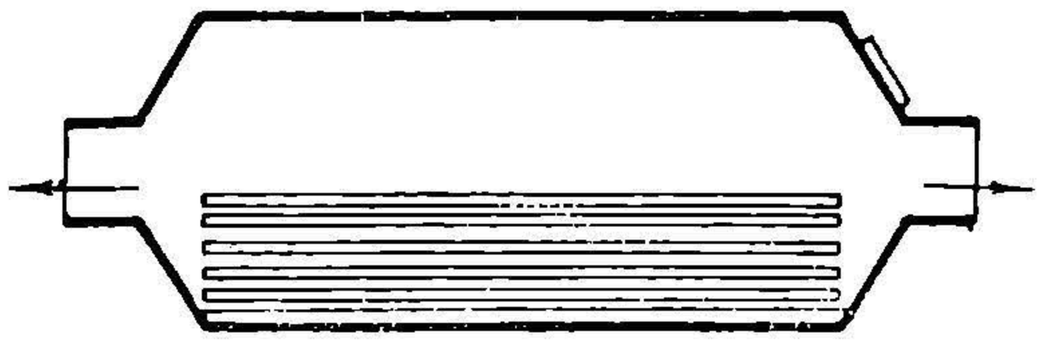


Рис. 144. Схема цилиндрической стержневой мельницы.

По роду помола. В шаровых мельницах с металлическим или каменным заполнением осуществляется помол как сухих материалов (клинкер, уголь), так и материалов при большом содержании воды (свыше 30%), т. е. мокрый помол.

Практически для помола сырьевых материалов применяется тот же тип мельниц, что и для сухих материалов, с особенностями конструкции решеток, воронки и разгрузочного устройства.

По роду привода (рис. 146) различают мельницы; *а*) с шестеренным приводом на двух цапфах; *б*) с шестеренным приводом на одной цапфе и на одном бандаже с роликами; *в*) с шестеренным приводом на двух бандажах с роликами; *г*) с фрикционным приводом на двух бандажах с роликами; *д*) с центральным приводом на двух цапфах или на одной цапфе и на одном бандаже с роликами.

По роду облицовки (футеровки) барабана мельницы. Рабочая поверхность барабана мельницы облицовывается каменными или

НБ УДУНТ (ДІІТ)

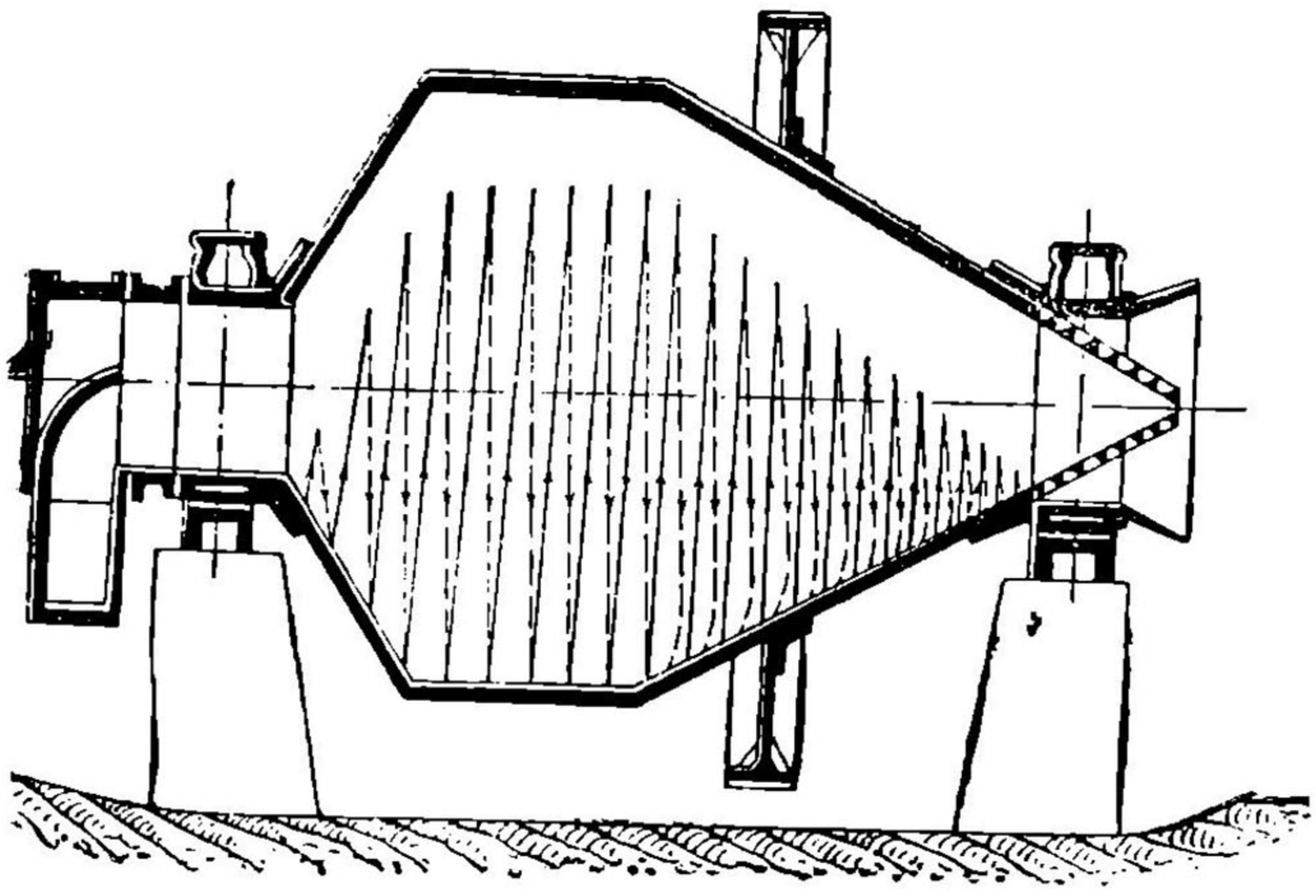


Рис. 145. Схема конической шаровой мельницы.

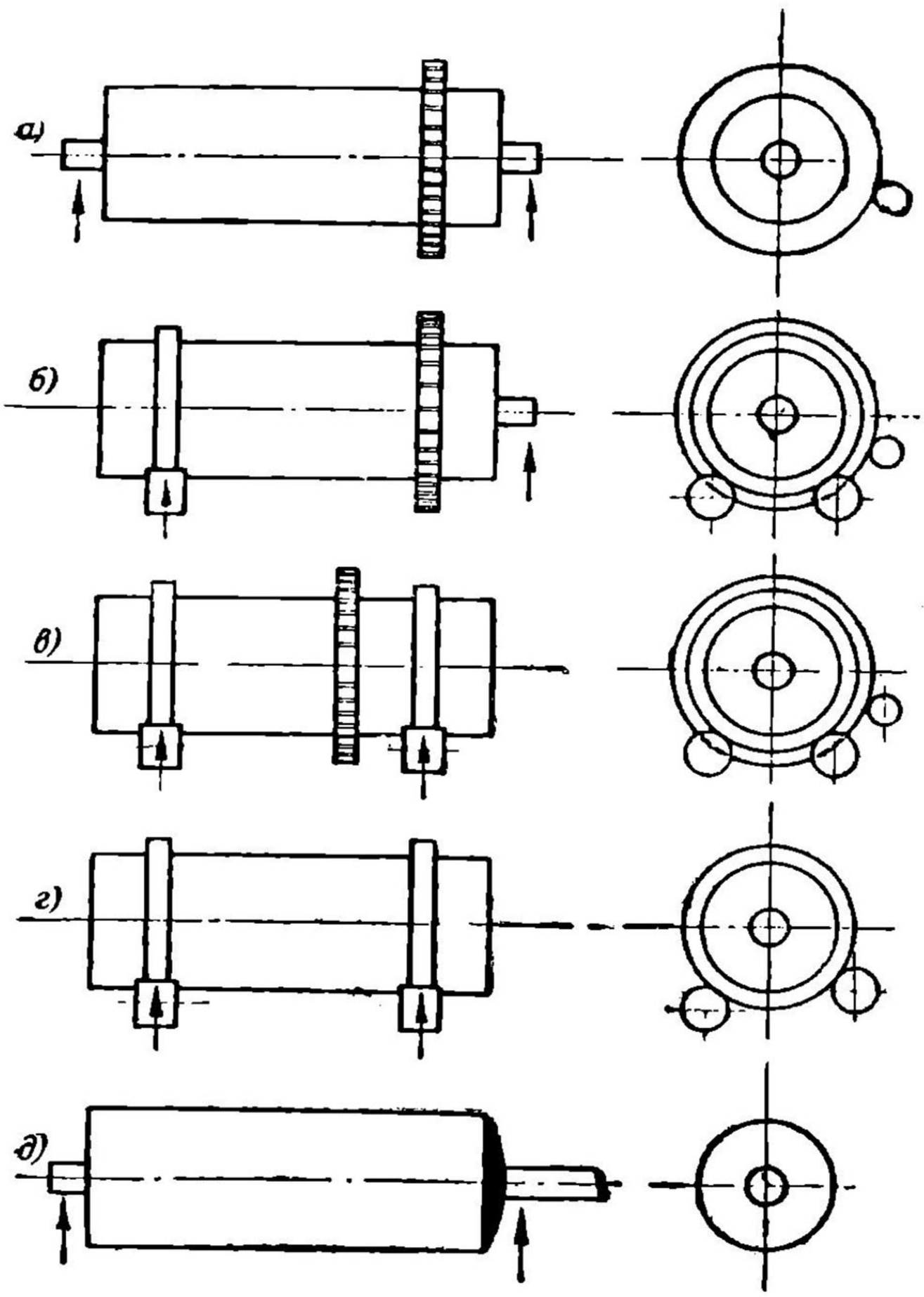


Рис. 146. Схемы цилиндрических мельниц (типы приводов).

металлическими плитами, которые носят общее название футеровки.

Здесь различают мельницу с силексной [1] или стальной футеровкой.

По роду загружаемых в мельницу дробящих тел, или наполнителей, различают мельницы шаровые, голышные и стержневые. К первому типу относят мельницы, в которых рабочими телами служат наполнители в виде шаров, цильпебса, пульпебса, хольпебса, конкавекса и т. п. Ко второму типу относят мельницы, заполненные голышом (кремневой галькой). К третьему типу относят мельницы, заполненные стержнями или прутьями. Стержневая загрузка не нашла распространения на наших заводах.

По циклу работы мельницы разделяют на:

а) аппараты, работающие «открытым» циклом, т. е. такие аппараты, которые выпускают продукцию однократным пропуском материала через мельницу;

б) аппараты, работающие «замкнутым» циклом, т. е. такие аппараты, у которых вся их продукция направляется в дополнительно установленные сортирующие

[1] Силекс—название материала — кирпича, изготовляемого из горных пород, с большим сопротивлением истиранию, применяемого для футеровки мельниц.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

устройства (сита или сепараторы); последние регулируют степень помола материала, производимого аппаратом, и возвращают обратно в аппарат (мельницу) недостаточно измельченный материал.

По способу разгрузки материала. Основным фактором, определяющим конструкцию мельницы, является способ разгрузки материала. Все существующие способы могут быть в основном распределены на три категории, имеющие свои характерные особенности, а именно: разгрузка через сита, разгрузка через колосники, разгрузка через перегородки.

2. Устройство мельниц

Мельница с ситами Круппа. Рис. 147 изображает мельницу системы Круппа, которая представляет собой барабан с двумя торцовыми металлическими дисками *13*, выложенными предохранительными сменными плитами *14*. По окружности между дисками установлены боковые плиты *15*, снабженные отверстиями, служащими для пропуска измельченного материала. К средней части каждого диска прикреплены две втулки *10*, *12*, из которых одна, полая, снабжена внутри двумя отлитыми в одно целое с нею лопастями *11*, посредством которых направляется в мельницу непрерывно поступающий из воронки *20* материал. Обе втулки насажены на горизонтальный вал *1*, установленный в подшипниках *2* с опорными плитами *4*. Подшипники снабжены штауферными масленками *3*.

Привод мельницы осуществляется посредством зубчатой передачи *5*, *6* и шкивов *8*, насаженных на другой горизонтальный вал *7*, установленный в подшипниках *9*. Боковые плиты расположены в барабане уступами в направлении вращения так, что шары, захватываемые ими снизу, под влиянием центробежной силы, в известный момент, достигнув определенной высоты, падают и перекатываются по расположенным ниже ступеням, измельчая и отчасти истирая при этом находящийся между ними материал.

Измельченный материал, пройдя сквозь отверстия в плитах, поступает на вращающиеся вместе с барабаном сита, из которых одно (*17*) снабжено крупными отверстиями и является предохранительным для другого сита *18* с более мелкими отверстиями. Крупные частицы, не прошедшие сквозь грубое сито, при его вращении поднимаются вместе с ним на некоторую высоту и затем под влиянием собственного веса падают в промежуток между боковыми плитами и сквозь отверстия *16* в щитках *20* и через щели между плитами возвращаются обратно в барабан для дальнейшего измельчения. Для возврата в барабан крупных частиц, не пропускаемых тонким ситом, служат лопатки *21*. Тонкое сито составлено из отдельных сменяемых частей, укрепленных на деревянных рамах *19*, и номер сита выбирается в зависимости от требующейся степени измельчения материала. Материал, прошедший сквозь второе сито, поступает в приемный кожух, откуда и направляется в выходной патрубок *24*. Для устранения пылеобразования весь барабан мельницы вместе с ситами закрыт кожухом *22*, в верхней части которого установлен фланец *23* для присоединения его к вытяжному устройству.

Мельница Смидта «Дана». Описанные ранее способы разгрузки материала из мельниц с применением сит, будучи вполне пригодны для коротких мельниц, никак не могут быть применены к длинным мельницам, в виду той громоздкости, которая была бы вызвана соответствующим уве-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

личением сит. Поэтому при употреблении длинных (свыше 2 *м*) мельниц для размола материала обычно применяются другие способы разгрузки.

Одним из типов мельниц с разгрузкой материала через колосники, установленные по окружности барабана со стороны, противоположной

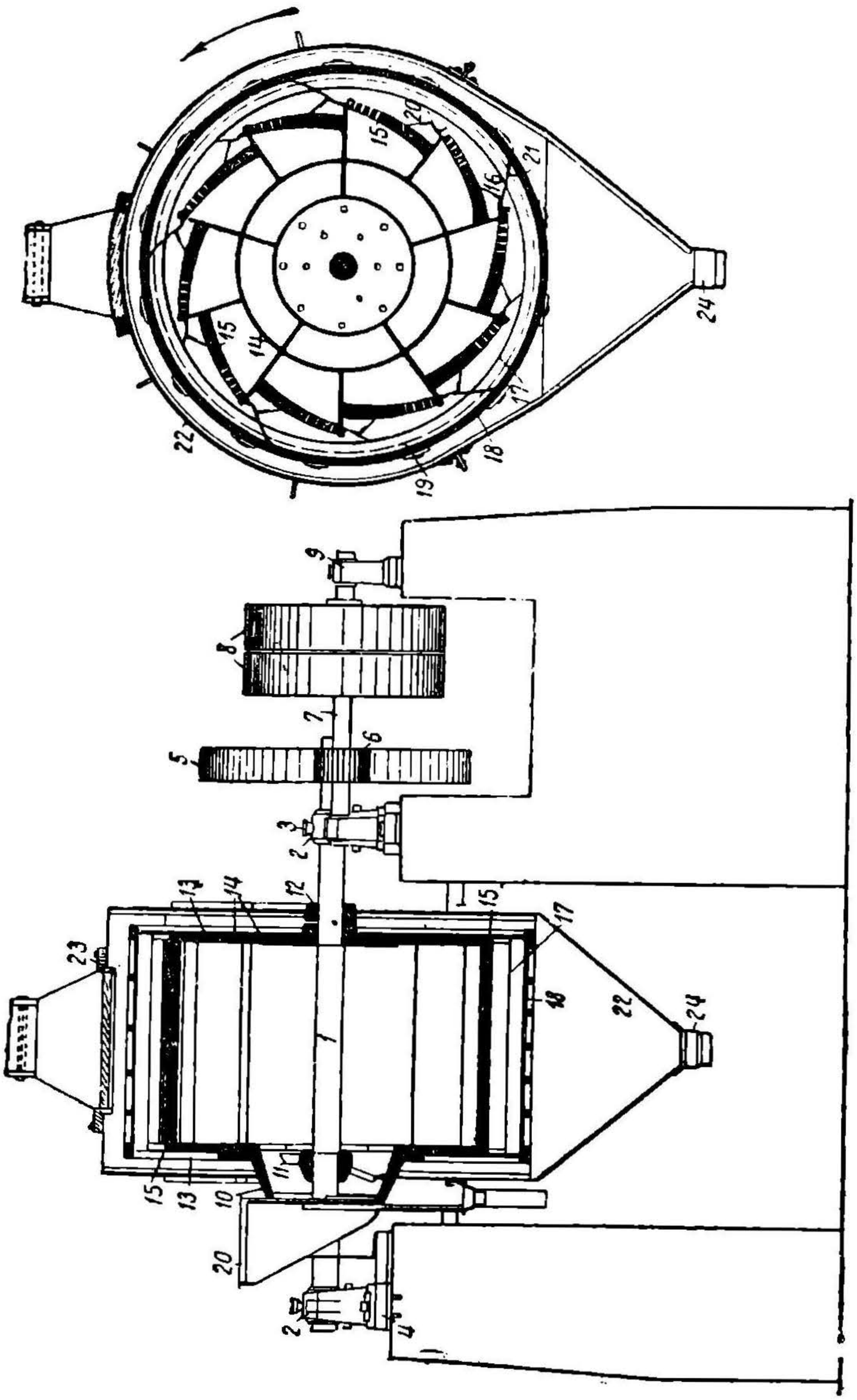


Рис. 147. Мельница Крупа.

от входа материала, служит изображенная на рис. 148 мельница системы Смидта, известная под названием «Дана» (Dana).

Мельница состоит из барабана *1*, внутри выложенного предохранительными стальными или кремнистыми (силекстштейн) плитами. Барабан укрепляется в подшипниках двумя пустотелыми цапфами *2* и *3*, из которых

НБ УДУНТ (ДІТ)

первая служит для подачи материала в мельницу помощью шнека *4* и передачи *7*. Выход готового продукта производится через колосниковые решетки *5*, расположенные, как сказано раньше, на известном расстоянии друг от друга на окружности выходного кольца барабана. Для предупреждения пылеобразования этот конец мельницы вместе с колосником закрывается кожухом с вытяжной трубой *6*, соединенной с эксгаустером. Для приведения мельницы в движение на барабан насаживается шестерня *8*, которая посредством другой шестерни и ременной передачи или редуктора соединяется с двигателем.

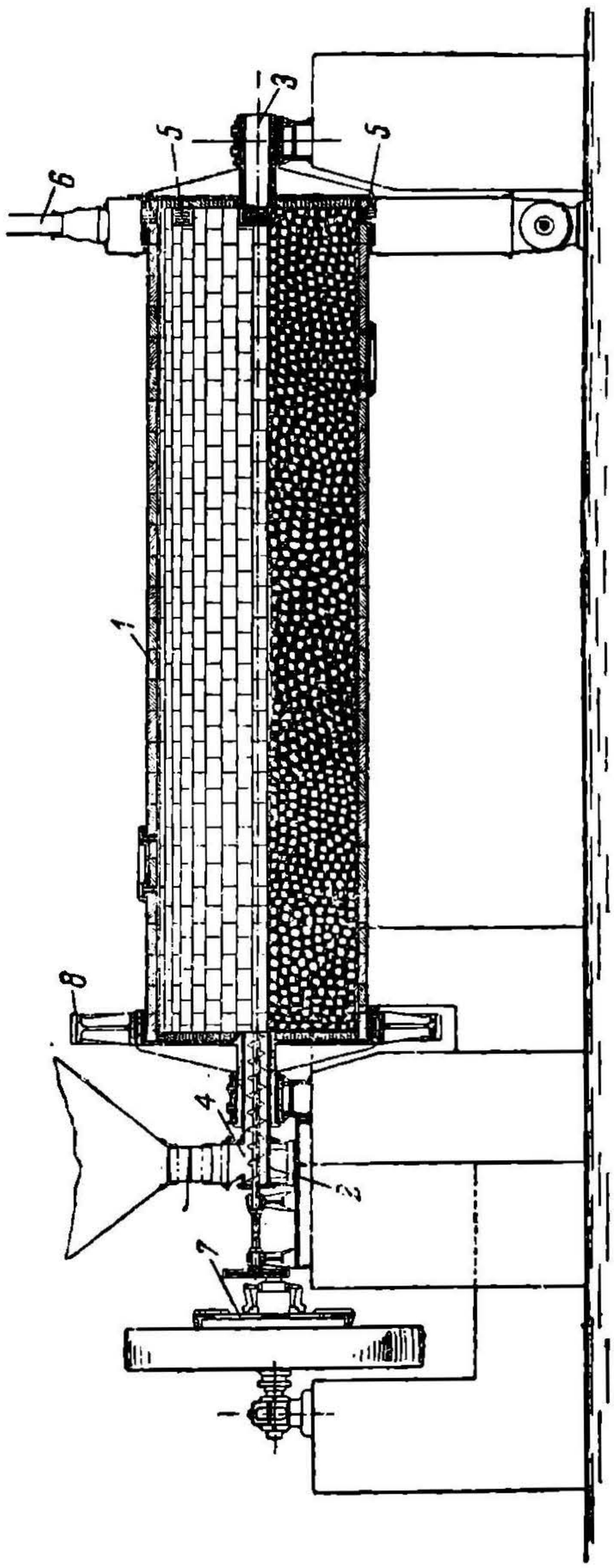


Рис. 148. Мельница Смидта «Дана».

Мельница Аллис-Чамерс. На рис. 149 представлена мельница системы Аллис-Чамерс (для мокрого помола). Мельница состоит из барабана, внутри выложенного предохранительными плитами.

Материал, подлежащий размолу, посредством питателя направляется сначала в первую камеру мельницы.

Из первой камеры измельченный материал через решетку выходит в приемную яму, из которой помощью труб при вращении мельницы зачерпывается и направляется во вторую камеру, откуда через вторую решетку уходит в производство. Барабан мельницы лежит в подшипниках на полых цапфах, а для приведения мельницы в дви жение на барабан насажено зубчатое колесо, закрытое кожухом.

Мельница Лёнерта «Молитор». Рис. 150 изображает двухкамерную мельницу системы «Молитор», которая состоит из барабана с двумя торцовыми днищами *1*, *2*, укрепленными в подшипниках *18*, состоящих каждый из нижней (*20*) и верхней (*21*) частей.

Внутри барабан выложен предохранительными плитами *5*, *6*, *7*, *8* и *9*, а примерно на одну треть расстояния по длине мельницы (от входа) и в конце барабана установлены решетки с отверстиями *15*, *16* и *17*, служащими для пропуска грубо- и тонко-измельченного материала.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Для приведения барабана в движение служит шестеренный привод *3*, *4*, соединенный с приводным валом *32*, установленным в подшипнике *34* с плитой *35*. Соединение валов мельницы и двигателя осуществляется муфтой *36*. Материал для измельчения поступает в первую камеру через приемную воронку *25*, установленную на плите *27*. Для предупреждения от просыпания материала служит сменное кольцо *26*. Затем по мере измельчения материал проходит во вторую камеру и в измолотом виде выходит сквозь вторую решетку в приемную воронку *29*. Здесь помощью сита *31*, вращающегося вместе с барабаном мельницы, происходит дальнейшее разделение материала на две фракции. Для лучшего отделения

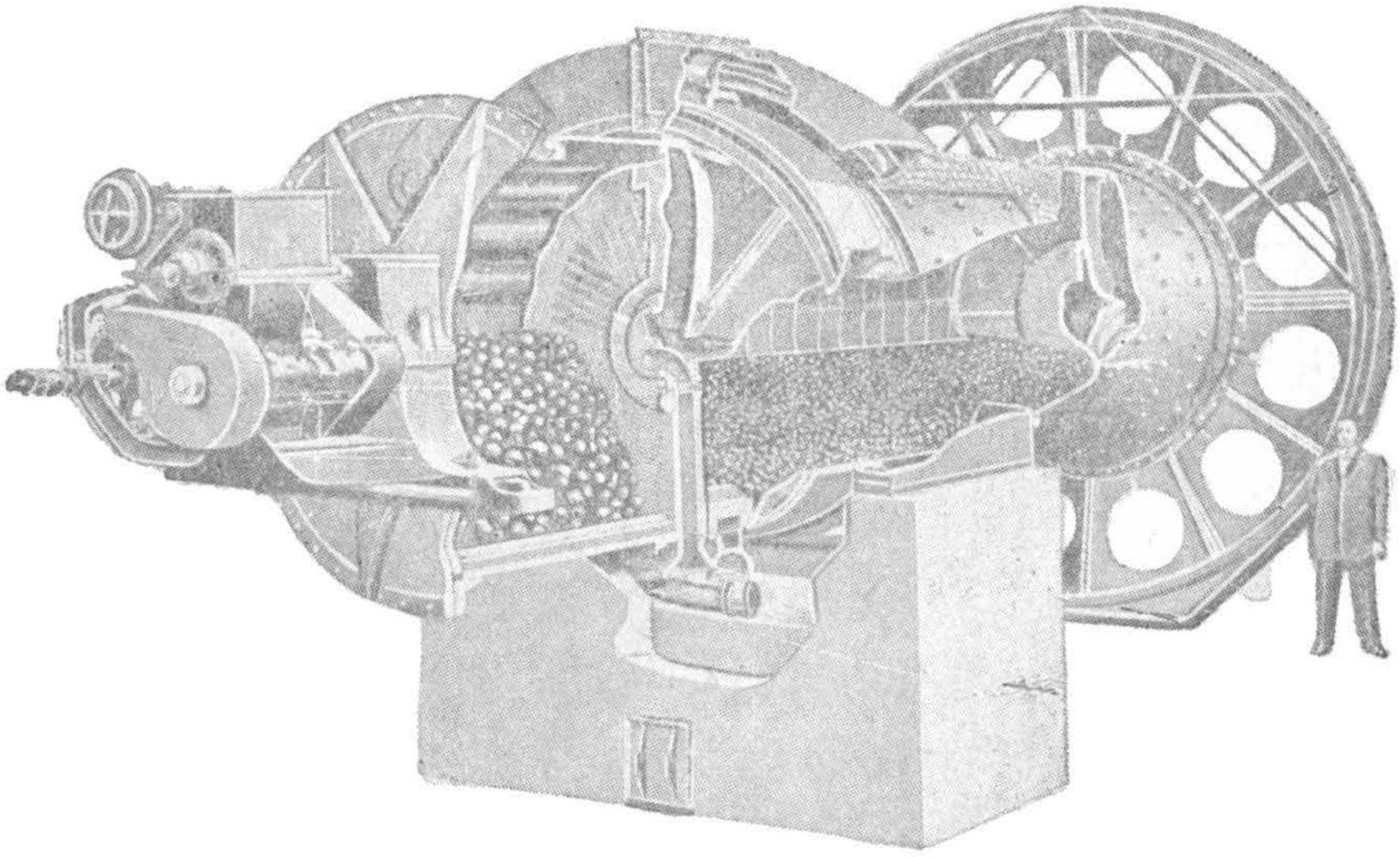


Рис. 149. Мельница Аллис-Чамерс.

крупной фракции от мелкой предусмотрено контрольное сито *30*. Загрузка барабана измалывающими телами производится через люки *13*, выложенные предохранительными плитами *10*, *11* с деревянными прокладками *12*, *14*. Питатель приводится в движение шкивом *33*. Смазка в подшипники мельницы подается через крышку *22*, причем для распределения масла внутри подшипника служат пластинка *23* и черпак *24*.

Мельница Смидта «Унидана». К числу новейших, наиболее распространенных на наших заводах, мельниц относится мельница «Унидана» [1] системы Смидта, изображенная на рис. 151 (см. также табл. 78). Мельница состоит из одного барабана, выложенного внутри предохранительными плитами и разделенного решетчатыми перегородками на четыре камеры. Кроме указанных перегородок внутри мельницы установлены секторные кольца, служащие для более или менее равномерного распределения по длине мельницы мелющих тел. Материал, подлежащий размолу, поступает из воронки в мельницу через пустотелую цапфу, про-

[1] Получившая свое название при дальнейшем усовершенствовании мельниц «Коминора» и «Дана», объединенных указанной фирмой в один помольный аппарат. Отдельные детали мельницы даны в табл. 78.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ходит по очереди все четыре камеры и в размолотом состоянии выходит через другую цапфу на цилиндрическое сито, откуда и поступает в транспортеры. Назначение сита — не пропускать посторонние тела в случае их выхода вместе с материалом.

Барабан мельницы установлен на двух цапфах, укрепленных в подшипниках. Для приведения мельницы в движение служит зубчатое колесо, насаженное на барабан мельницы.

Мельница Миаг «Эрго». По этому способу разгрузки у нас на заводах установлены несколько типов мельниц: однокамерная шаровая мельница системы «Эрго» с сепаратором и многокамерные шаровые мельницы, например системы Полизиуса, Миаг, Круппа и др.

На рис. 152 изображена однокамерная мельница системы« Эрго», представляющая собою барабан с двумя торцовыми днищами *1*, *2*, укрепленными в подшипниках на двух полых цапфах *3* и *4*. Внутри барабан выложен предохранительными плитами *5*, а в конце его установлена решетка *6* с отверстиями. Для приведения барабана в движение служит шестеренный привод. Материал для измельчения поступает в трясковый питатель *7* и им передается внутрь мельницы. Для предупреждения обратного выхода материала в полой цапфе установлены крылья *8*. Измельченный материал выходит через отверстия в решетке в приемную воронку *9* в соответствующий транспортер. Загрузка барабана мелющими телами осуществляется через два люка, расположенные на окружности барабана.

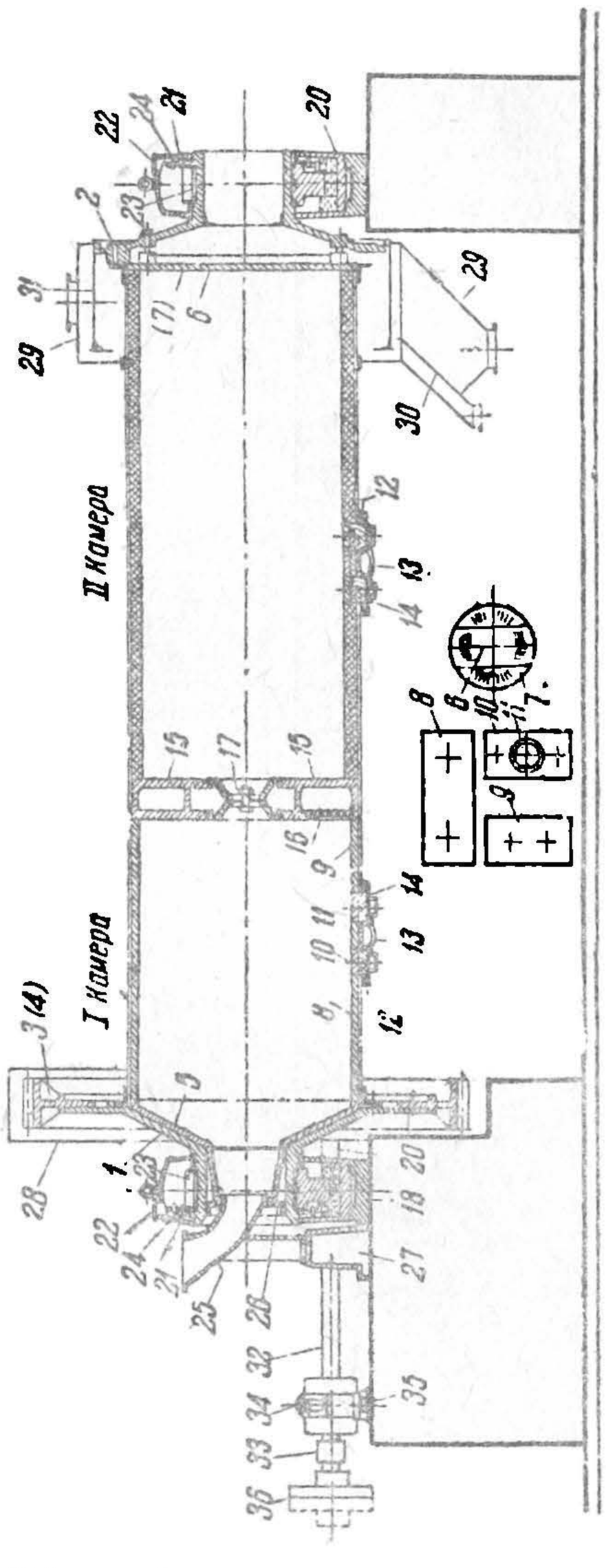


Рис. 150. Мельница Лёнерта «Молитор».

Мельница Полизиуса. На рис. 153 изображена мельница системы Полизиуса, которая вместо опорных цапф установлена на роликах. Мельница состоит из одного барабана, разделенного внутри решетчатыми перегородками на три камеры. С внутренней стороны барабан выложен предохранительными плитами. Материал, поступающий с одного конца мельницы, проходит по очереди все три камеры и в размолотом виде выходит через решетку, установленную в конце третьей камеры. Для приведения мельницы в движение на ее барабан насажено зубчатое колесо. Кроме зубчатого колеса на барабан с двух сторон насажены бандажи,

НТБ УДУНТ (ДІТ)

служащие опорными точками тела мельницы. Посредством бандажей мельница устанавливается на опорные ролики.

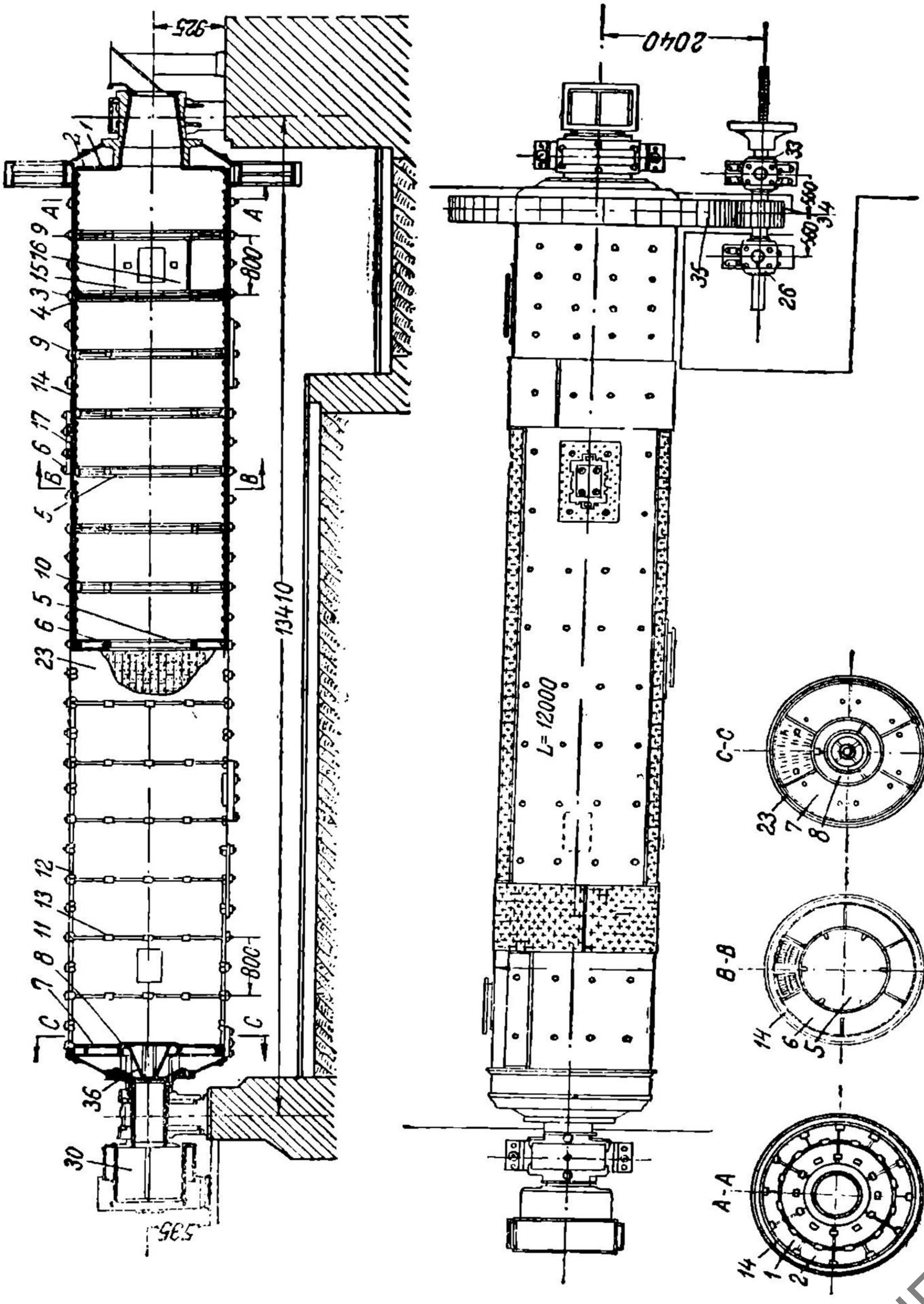


Рис. 151. Мельница Смидта «Унидана».

Мельница многокамерная Миаг. На рис. 154 изображена мельница системы Амме-Лютер (Миаг), оборудованная с одной стороны цапфой, опирающейся на подшипник, а с другой стороны бандажом, опирающимся

НБ УДУНТ (ДІТ)

Таблица 78 (к рис. 151)

Спецификация для мельницы «Унидана» размером 2 × 12 *м* для помола сырья

Детали	Наименование детали	Количество	Вес в *кг*		Материал
			1 шт.	общий	
1	Внутренняя плита входного днища	6	42,0	252,0	Сталь
2	Внешняя плита входного днища . .	12	23,0	276,0	„
3	Внутренняя плита 1-го днища	2	75,0	150,0	„
4	Внешняя плита 1-го днища	6	89,5	537,0	„
5	Внутренняя плита 2-го и 3-го днища .	4	67,0	268,0	„
6	Внешняя плита 2-го и 3-го днища .	12	92,0	1 104,0	„
7	Внешняя плита выходного днища .	6	59,3	356,0	
8	Внутренняя плита выходного днища	3	31,6	94,8	
9	Сектор кольца I и II камер . .	18	80,8	1 454,0	
10	„ „ III камеры .	12	70,9	850,9	
11	„ „ IV „ . . .	24	60,4	1 449,0	
12	Башмак для скрепления секторов	24	5,7	136,8	
13	То же	24	1,15	27,6	
14	Футеровочная плита I, II и III камер	90	96,5	8 685,0	
15	Футеровочная плита вокруг лазов .	3	78,0	234,0	
16	То же	3	78,0	234,0	
17	Футеровочная плита к крышке лаза I, II и III камер .	3	34,5	103,5	
18	То же IV камеры [1]	2	27,5	55,0	
19	Футеровочная плита IV камеры [1] . .	200	0,3	60,0	
20	То же [1] . .	280	0,8	224,0	
21	То же [1] .	130	1,5	200,0	
22	То же [1] .	110	3,0	330,0	
23	То же [1] .	1 080	5,3	5 724,0	
24	То же [1] .	10	0,9	9,0	
25	То же [1] .	10	1,5	15,0	
26	То же [1] .	175	2,9	507,0	„
27	То же [1]	60	0,9	54,0	„
28	Футеровочная плита IV камеры [1] .	60	0,4	24,0	„
29	То же [1]	60	1,3	78,0	„
30	Сито выходное	1	45,0	45,0	Сталь 4
31	Вал [1] ∅ 170/120, $L = 2452$ . .	1	490,0	490,0	„ 5
32	Верхний вкладыш подшипника приводного вала (∅ 170) [1] .	4	10,2	40,8	Чугун 3 и баббит
33	То же — нижний .	4	10,2	48,0	Чугун 3 и баббит
34	Шестерня $z = 20$; $M = 28$	1	630,0	630,0	Сталь 2
35	Зубчатое колесо $z = 182$; $M = 28$.	1	4 925,0	4 925,0	„ 2
36	Конус выходной цапфы	1	90,0	90,0	„ 2
37	Болты различных размеров [1] .	260	—	297,6	„ 3

[1] На чертеже не указаны.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

на ролики. Мельница внутри оборудована перегородками, разделяющими ее на три камеры. Внутренняя часть барабана выложена предохранительными плитами. Материал, поступающий с одного конца мельницы, направляется в первую камеру для предварительного измельчения. Измельченный материал из камеры поступает в сито, расположенное концентрически по отношению барабана мельницы; недостаточно измолотый материал по ситу возвращается снова в первую камеру, а крупка, прошедшая сито, посредством скребков, укрепленных на внешнем кожухе, направляется во вторую камеру и затем в третью, как обычно. Для приведения мельницы в движение служит шестерня, насаженная на барабан мельницы.

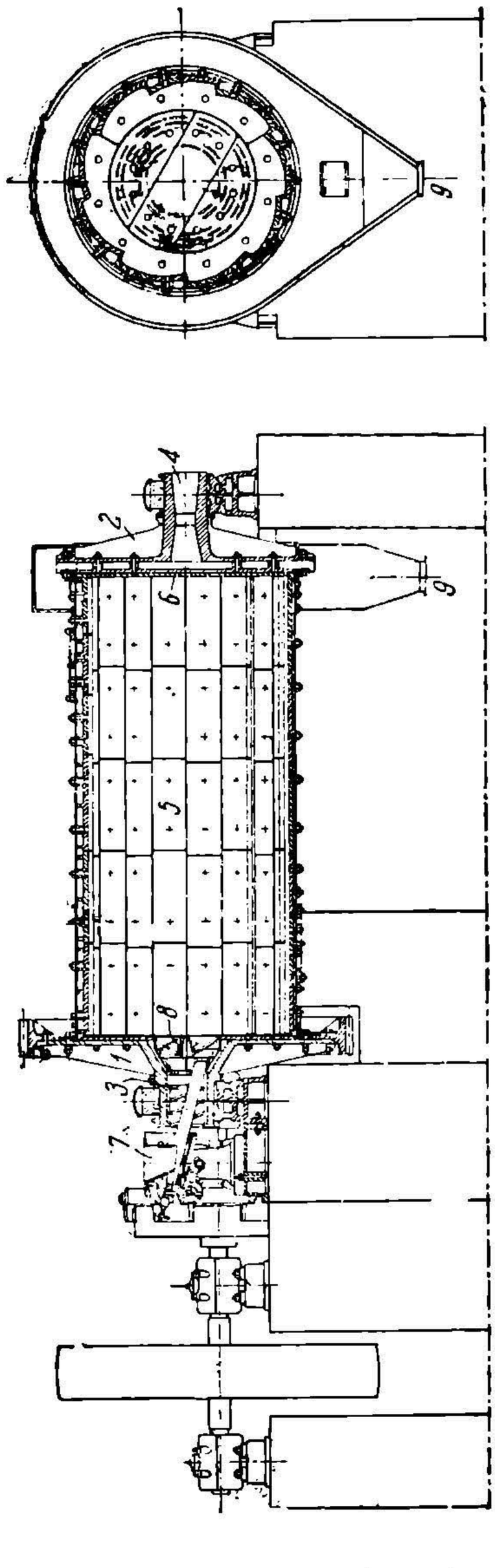


Рис. 152. Мельница Миаг «Эрго».

Устройство перегородки в указанной мельнице показано на разрезах *a-a*, *b-b*, *c-c*, *d-d*.

Мельница Круппа. Рис. 155 изображает общий вид мельницы системы Круппа, установленной с одной стороны на цапфе в подшипнике, а с другой стороны на бандаже, опирающемся на ролики. Мельница внутри выложена предохранительными плитами. Материал, поступающий с одного конца мельницы, проходит по очереди все камеры и в размолотом состоянии выходит через решетку, установленную в конце барабана. Для приведения мельницы в движение служит так называемый «центральный привод», состоящий из вала, соединенного одним концом непосредственно с центром днища мельницы. Другой конец вала соединяется с электродвигателем через промежуточную редукторную передачу. Большой венцовой шестерни для привода на этой мельнице нет.

Мельница Пфейфера. На рис. 156 показана мельница системы Пфейфера, состоящая из барабана *1*, по концам которого устроены отверстия *2* для выпуска материала. Внутри барабан выложен предохранительными плитами *9*.

Материал для размола поступает через воронки *3*. Размолотый материал по выходе его через отверстие *2* посредством скребков *4*, действующих подобно вентилятору, направляется в суживающуюся часть

НБ УДУНТ (ДІІТ)

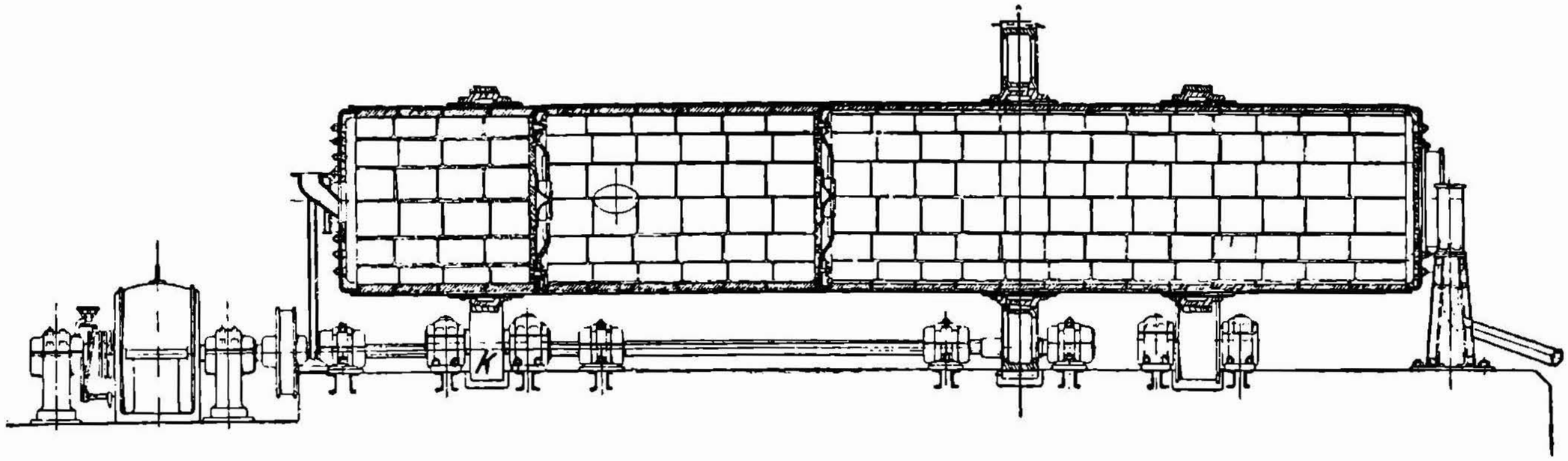


Рис. 153. Мельница Полизиуса.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

кожуха *5*, откуда соответствующим транспортером и передается дальше в сортировочный аппарат.

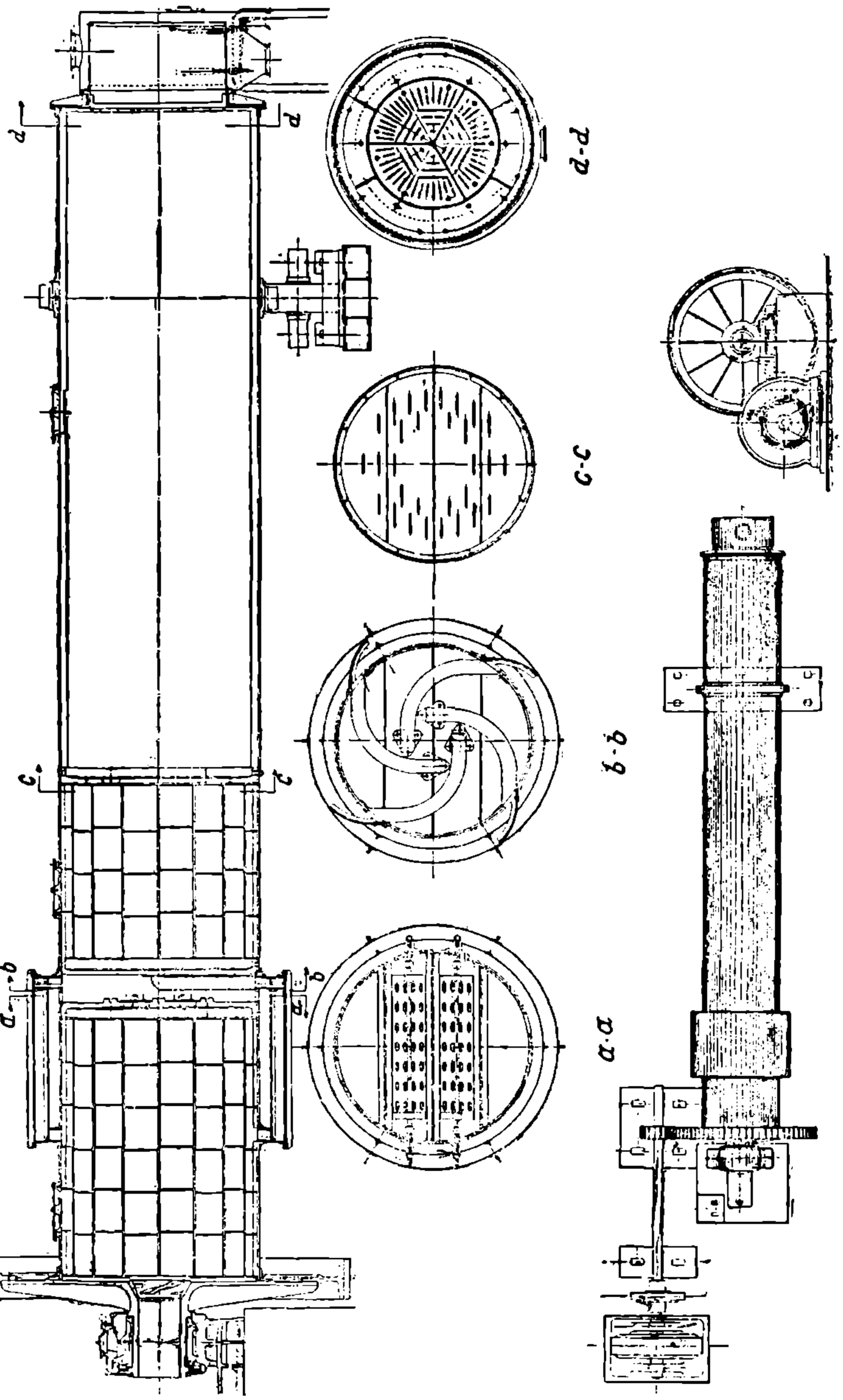
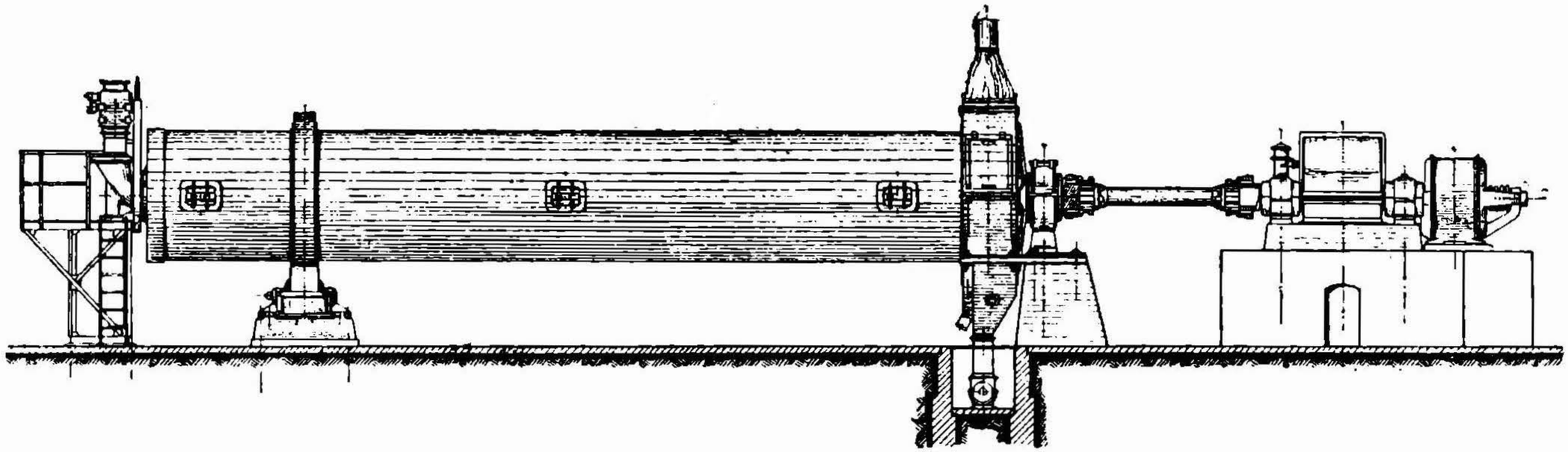


Рис. 154. Мельница Миаг.

Как видно из рисунка, привод в этих мельницах осуществляется не шестерней, а фрикционной передачей между бандажами *6* и одной парой роликов *7*. Другая пара роликов *8* служит лишь опорой для барабана.

Каждая пара роликов, приводных и поддерживающих, расположена на разных уровнях, что вызывается необходимостью создать соответ-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)



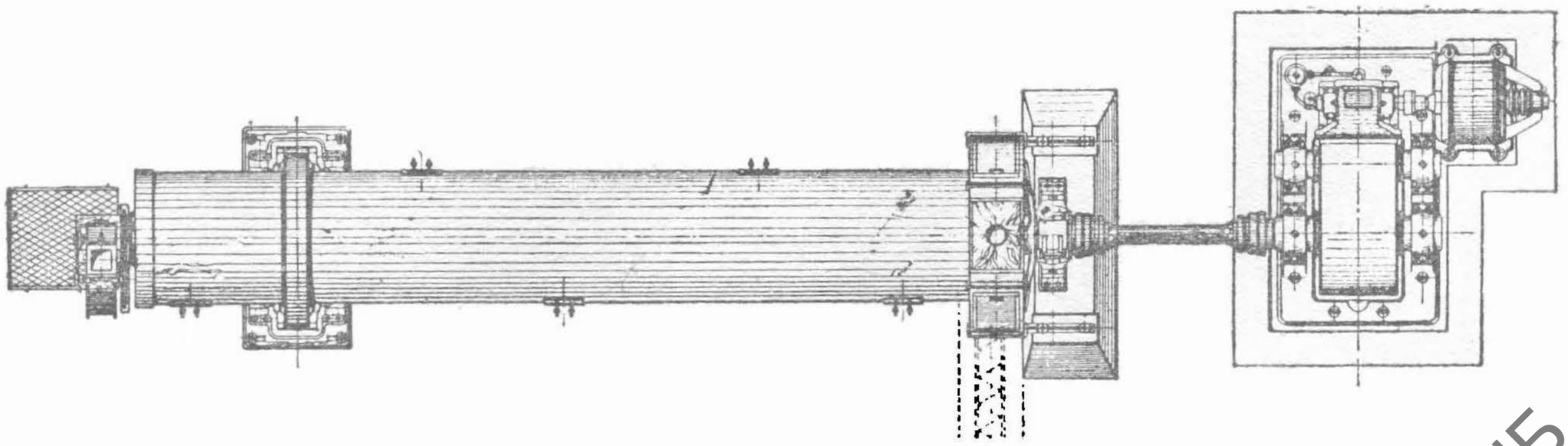


Рис. 155. Мельница Круппа.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

ствующие условия, которые обеспечивали бы достаточное трение между рабочими роликами *7* и бандажами *6*. Мельница разгружается через отверстия в барабане без каких-либо дополнительных устройств в виде сит и снабжена сепаратором (или селектором).

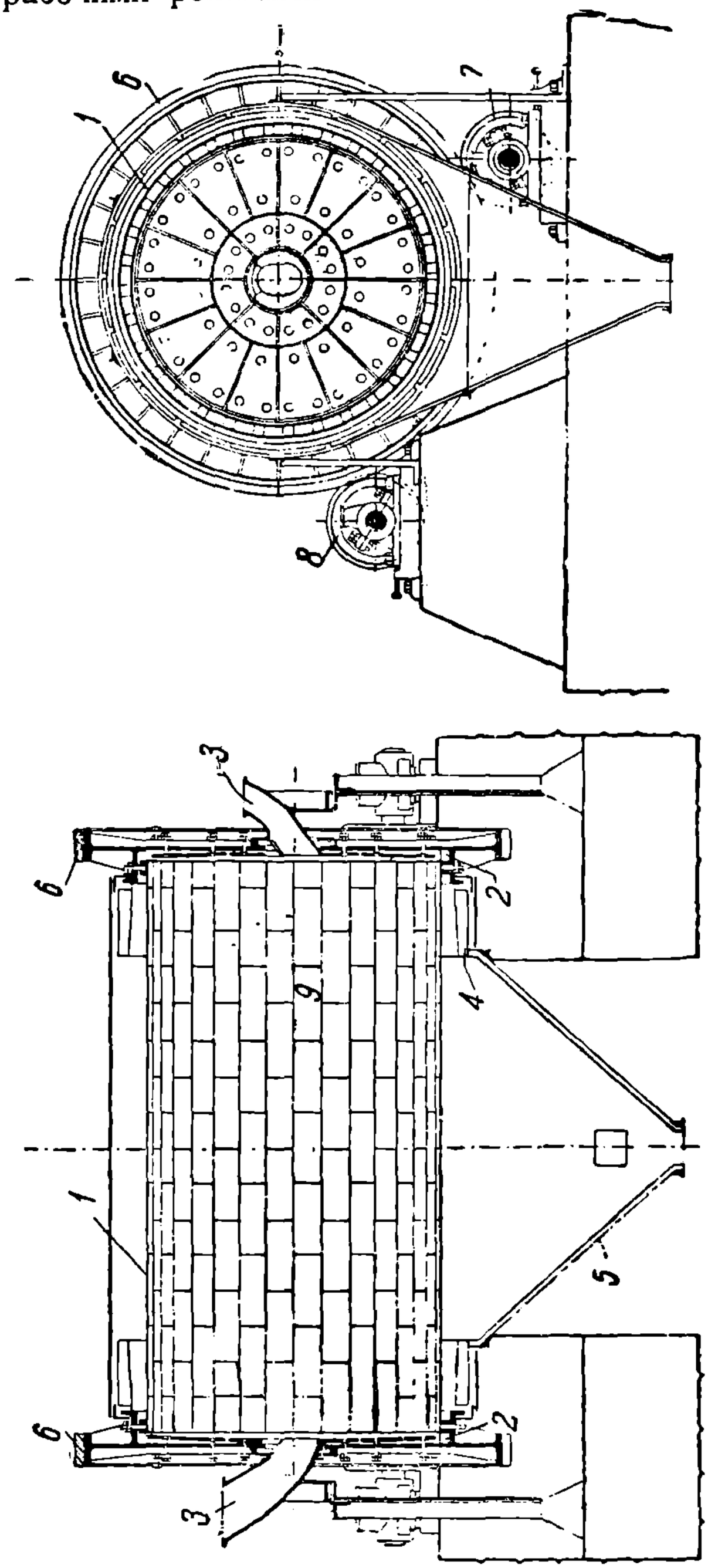


Рис. 156. Мельница Пфейфера.

3. Расчетные данные

Определение числа оборотов мельницы. В шаровых барабанных мельницах рабочими телами служат наполнители различной формы, которые увлекаются мельницей при ее вращении до определенной высоты, а затем свободно падают, измельчая материал.

Нормальная работа этого типа мельниц зависит от скорости их вращения, т. е. при малой угловой скорости вращения наполнители будут подниматься на небольшую высоту вместе с барабаном, а затем скользить и скатываться в нижнюю часть мельницы, как это показано на рис. 157, *а* При увеличении скорости вращения, начиная с известной, так называемой критической, скорости, наполнители будут под влиянием центробежной силы прижиматься к кожуху мельницы и вращаться вместе с последней, как это изображено на рис. 157, *б* не производя никакой работы измельчения. При скоростях, не доходящих до критической, наполнители, например шары, будут проходить некоторую часть своего пути прижатыми центробежной силой к кожуху мельницы, затем, дойдя до некоторой точки, каждый шар оторвется от кожуха и будет двигаться

НБ УДУНТ (ДІІТ)

как свободное тело, брошенное с присущей ему в это мгновение скоростью. Расположение шаров в этом случае показано на рис. 157, *в*.

Из сказанного следует, что необходимо установить такую наивыгоднейшую скорость вращения мельницы, при которой высота падения тела была бы наибольшей. При этом наибольшей высоте падения тела будет

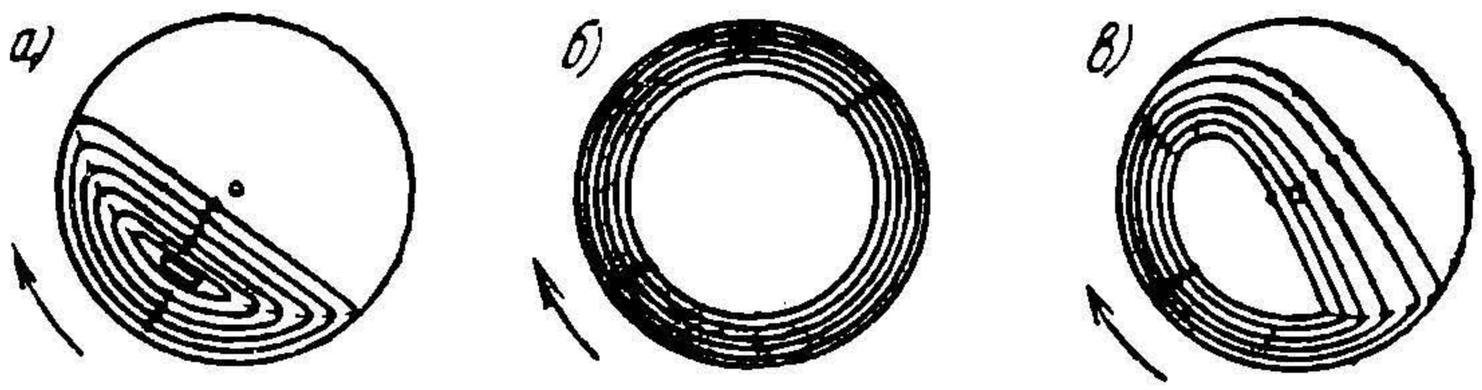


Рис. 157. Схема движения шаров в зависимости от числа оборотов мельницы.

отвечать и наибольшая скорость его в момент удара о материал, подлежащий измельчению, т. е. наибольшая величина живой силы $\frac{mv^2}{2}$, идущая на измельчение материала. Поэтому наибольшей высоте падения дробящего тела соответствует наибольшая работа дробления, производимая телом данных размеров.

Кроме измельчения материала падением дробящего тела, необходимо учесть также возможность скатывания вниз тел, поднимающихся вместе с кожухом мельниц. Повидимому это скатывание или скольжение может происходить только при известных условиях, в зависимости от скорости вращения мельницы и от угла трения скользящих тел.

В случае скатывания дробящих тел вниз происходит одновременно их вращение вокруг своих осей, параллельных оси мельниц. При этом предполагается, что происходит как истирание тел, трущихся друг о друга, так и истирание материала между ними.

В среднем можно считать, что работа скольжения в мельницах составляет 2—3% от работы измельчения.

Критическая скорость вращения или наибольшее число оборотов цилиндрической мельницы, в предположении, что работа истирания весьма незначительна, может быть определена так (рис. 158).

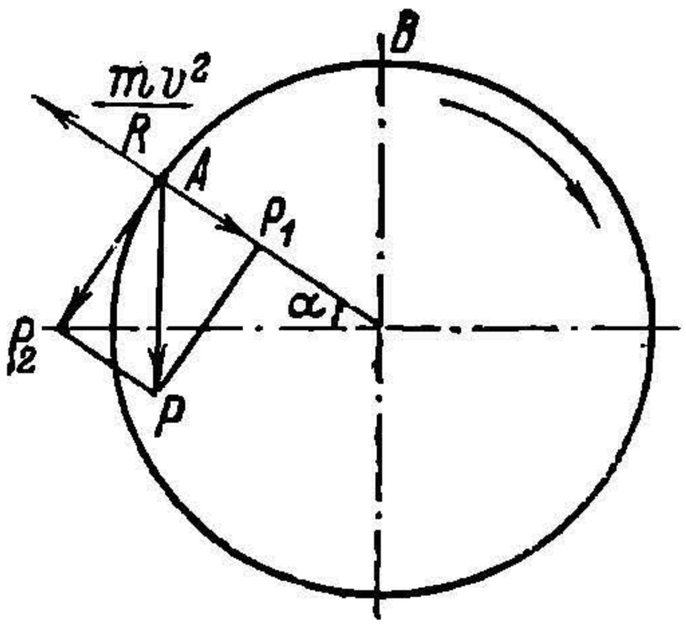


Рис. 158. Схема распределения усилий, действующих на шар в мельнице.

Возьмем точку A на поверхности кожуха аппарата, вращающегося со скоростью v, и предположим, что в точке A находится шар весом P килограммов.

В этом случае шар будет находиться под действием центробежной силы $\frac{mv^2}{R}$ и силы веса P. Угол подъема шара обозначим через α. Разложим силу веса на составляющие P_1 и P_2.

Из рис. 158 $P_1 = P \cdot \sin \alpha$.

Таким образом A находится под действием двух сил, направленных

НБ УДУНТ (ДІІТ)

в противоположные стороны: $\frac{mv^2}{R}$ и $P \cdot \sin \alpha$. Чтобы шар мог оставаться в равновесии на кожухе мельницы, необходимо следующее уравнение:

$$\frac{mv^2}{R} \geqslant P \cdot \sin \alpha;$$

так как $m = \frac{P}{g}$, то

$$\frac{Pv^2}{g \cdot R} \geqslant P \cdot \sin \alpha.$$

При $\alpha = 90°$, т. е. при положении шара в точке B, получим $v^2 \geqslant g \cdot R$, так как $\sin 90° = 1$.

В свою очередь скорость $v = \pi \cdot D \cdot n$, где n — число оборотов мельницы в секунду, а D — диаметр в метрах описываемой шаром окружности, то можно написать:

$$\pi^2 \cdot D^2 \cdot n^2 \geqslant g \cdot R$$

или

$$n^2 = \frac{g \cdot R}{\pi^2 \cdot D^2};$$

так как $R = \frac{D}{2}$, то

$$n^2 = \frac{g}{2 \cdot \pi^2 \cdot D}$$

или

$$n = \sqrt{\frac{g}{2\pi^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{D}}.$$

После подстановки значений для π и для g получим, что число оборотов в секунду

$$n = \frac{0{,}705}{\sqrt{D}};$$

а в минуту

$$n = \frac{42{,}3}{\sqrt{D}} \quad \text{или} \quad n = \frac{30}{\sqrt{R}}.$$

Полученное значение n представляет критическую скорость цилиндрической мельницы, в предположении, что работа истирания весьма незначительна.

Из приведенной формулы видно, что критическая скорость возрастает с уменьшением D и убывает с увеличением D.

В табл. 79 приводится зависимость между числом оборотов в минуту n и радиусом R в миллиметрах цилиндрической мельницы.

Таблица 79

R *мм*	n *об/мин*	R *мм*	n *об/мин*	R *мм*	n *об/мин*
150	77,5	400	47,5	800	33,6
200	67,0	500	42,5	900	31,7
250	60,0	600	38,7	1 000	30,0
300	55,0	700	36,0	1 200	27,4

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Практически выбирают

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}} = \frac{22{,}8}{\sqrt{R}},$$

и скорость цилиндрических мельниц принимается около 75% критической скорости, причем ее назначают по наружному диаметру мельницы.

Обыкновенно для цилиндрических мельниц с диаметром 1,0 *м* число оборотов в минуту принимается —33, а для мельниц с диаметром 2,4 *м*— 20 *об/мин*.

Из сказанного следует, что шары, распределяясь внутри мельницы концентрическими слоями, обладают отдельной для каждого слоя скоростью, причем последняя в последовательных слоях постепенно уменьшается по направлению от наружного кожуха мельницы к центру. Точно так же каждый слой шаров падает по своей кривой; при этом шары, расположенные ближе к центру мельницы, проходят наименьший путь, а шары, удаленные от центра, — наибольший путь.

Чем больше скорость мельницы и меньше объем, занимаемый в ней шарами, тем большую роль в процессе измельчения играют их удары; и, наоборот, чем меньше скорость и чем больше объем, занимаемый шарами, тем большее измельчение производится истиранием.

Определение производительности. Определять производительность мельниц с наполнителями по формулам чрезвычайно затруднительно вследствие большого количества факторов, так или иначе влияющих на нормальную работу мельницы. К числу таких факторов относятся: длина, диаметр, число камер, состояние перегородок, число оборотов мельницы, вес мелющих тел, их форма и размеры, физико-механические свойства измельчаемого материала, тонкость помола, внимательность и интенсивность обслуживающего персонала и т. д.

В настоящее время в Ленинградском химико-технологическом институте под руководством проф. В. А. Кинда доц. В. Ф. Журавлевым и инж. М. М. Гордоном проводятся работы по установлению формулы для определения производительности многокамерных мельниц в цементной промышленности по помолу клинкера с добавками.

На основании большого количества экспериментальных данных указанными лицами предложена следующая эмпирическая формула:

$$Q = \frac{LDG\,[10 + 0{,}35\,(x - 10)]}{\sigma},$$

где

x — остаток на сите 4900 *отв/см²*,

σ — временное сопротивление сжатию в *кг/см²*, причем σ принимается как среднее; например, для клинкера — 720 *кг/см²*.

Пример. Определить производительность мельницы системы «Унидана», установленной на Новороссийском заводе, длина мельницы 12,0 *м*, диаметр —2,2 *м*, вес мелющих тел 46 *т*, остаток на сите 4900 *отв/см²*— 12%, материал клинкер — σ = 720 *кг/см²*.

Тогда

$$Q = \frac{12 \cdot 2{,}2 \cdot 46\,[10 + 0{,}35(12 - 10)]}{720} = 18{,}05\ т/час.$$

По данным отраслевой конференции для этой мельницы установлена производительность 19,0 *т/час*.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Автором предложена другая формула:

$$V = \frac{G \cdot F \cdot \psi \cdot n \cdot x \cdot \mu \cdot 60}{\sigma \cdot d \cdot 1000000},$$

где

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Например, определить часовую производительность мельницы для клинкера длиной $L = 12$ *м*, диаметром $D = 2{,}2$ *м*, числом оборотов барабана в минуту $n = 21$, нагруженной шарами весом $G = 46$ *т*, если коэфициент заполнения мельницы $\psi = 0{,}4$, размер поступающих кусков клинкера составляет $d = 5$ *см*, временное сопротивление клинкера сжатию $\sigma = 720$ *кг/см²*, остаток на сите 4900 *отв/см²* $\cdot x = 12\%$, коэфициент разрыхления $\mu = 0{,}5$.

$$V = \frac{46000 \cdot 3{,}14 \cdot 220^2 \cdot 0{,}4 \cdot 21 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}5 \cdot 60}{4 \cdot 720 \cdot 5 \cdot 1000000} = 14{,}6 \text{ м}^3/\text{час},$$

$$Q = V \cdot \gamma = 14{,}6 \cdot 1{,}5 = 21{,}9 \text{ т/час}.$$

По данным отраслевой конференции производительность этой мельницы установлена 19,0 *т/час*.

В приведенных формулах принято, что питание мельницы, число оборотов, состояние перегородок, аспирация, материал и размеры мелющих тел, физические и механические свойства измельчаемого материала, гранулометрия, факторы внимательности и интенсивности обслуживающего персонала являются нормальными. Например, влажность материала не более 3%, аспирация действует нормально, состояние перегородок удовлетворительное и т. д.

Для того чтобы иметь данные о производительности мельницы и характере ее работы на заводах, обыкновенно строят кривую помола мельницы. [1]

Кривая помола, особенно для многокамерных мельниц, дает возможность выяснить, какой из отдельных участков мельницы отстает и какие меры необходимо принять для регулирования работы мельницы в целом.

Построение кривой помола, например, для трехкамерной цилиндрической мельницы производится следующим образом.

Произведя загрузку мельницы наполнителями, как рекомендует завод-поставщик, пускают мельницу в работу, питая ее при этом равномерно материалом определенных размеров. Дав мельнице проработать три-четыре часа, таковую останавливают и приступают к отбору проб измолотого материала по всей длине барабана мельницы (включая места входа и выхода материала), при этом расстояние между точками отбора отдельных проб должно быть не больше 1 *м*, считая по оси барабана.

Количество проб по сечению мельницы рекомендуется брать не меньше трех, после просеивания которых определяется средняя проба для всего сечения. Отбор проб следует производить каким-либо прибором, а не вручную. После этого все взятые пробы пронумеровываются, причем за начало принимается место входа материала, и затем просеиванием сквозь сита (например, 900 и 4900 *отв/см²*) определяются остатки материала на них, в процентах.

---

[1] Подробнее см. «Контроль цементного производства» изд. ВНИЦ, 1935.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Дальше по оси ординат в любом масштабе откладывают величины остатков в процентах, а на оси абсцисс — расстояние между пробами в метрах и длину мельницы. Соединив точки пересечения отложенных величин, мы получим кривую помола в мельнице, которая для нормально работающей мельницы будет отличаться плавностью, напоминая своей формой кривую гиперболы.

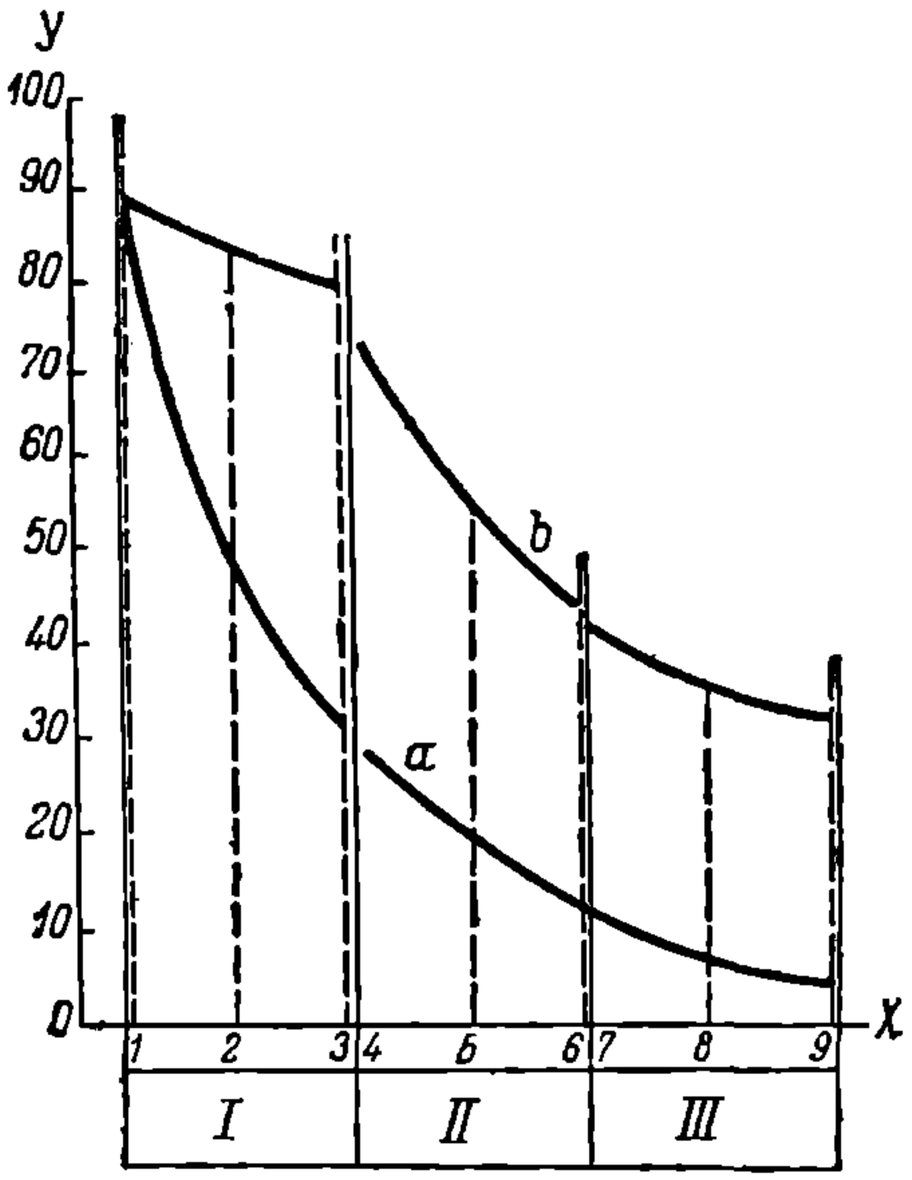


Рис. 159. Кривая помола.

На рис. 159 изображены две кривых помола для мельниц одинаковых размеров и размалывающих один и тот же материал, при разной их загрузке наполнителями. Кривая *a* показывает на правильную работу мельницы, а кривая *b* — на неправильную. Из кривой *b* видно, что в камере *1* необходимо изменить загрузку мелющих тел.

В табл. 80 приводятся данные о количестве загружаемых наполнителей и их размерах для мельниц системы Смидта.

Таблица 80

Наименование	Размер *мм*	Вес *кг*	№ камер	Размер *м*	Примечание
Шары .	40	2 500	1	N17,5	Мокрый помол
„ . .	30	2 000	1		
Цильпебс	23×33	2 000	2		
„	19×33	5 500	2		
Итого .		12000			
Шары .	90	4 000	1	2,2×12	Сухой помол
.	70	8 000	1		
.	60	4 000	1		
.	50	2 000	2		
„ .	40	6 000	2		
„ .	30	2 000	2		
Цильпебс .	19×33	5 000	3		
„ .	16×28	12 000	3		
„ .	13×21	5 000	3		
Итого .		48 000			

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Определение потребной мощности двигателя. Вывод теоретических формул для определения потребной мощности двигателя для цилиндрических и конических мельниц отличается сложностью вычислений, поэтому мы ограничимся приведением формул, выведенных эмпирическим путем.

Из существующих в настоящее время формул можно привести следующие:

$$N = \frac{G \cdot R \cdot n}{2220}\left(1 + \frac{Rn^2}{2300}\right)$$

по Левенсону (для наружного слоя);

$$N = \frac{G \cdot R \cdot n}{2650}\left(1 + \frac{Rn^2}{3740}\right)$$

по Левенсону (для редуцированного слоя);

$$N = 0{,}5\,\frac{G}{c \cdot \psi}\sqrt{D}\,[9\,(1 - k^4) - 1{,}75\,(1 - k^6)]$$

по Канторовичу; [1]

$$N = c \cdot G \cdot \sqrt{D}$$

по Бланку;

$$N = 4{,}929D$$

по Деречей для галечной загрузки;

$$N = 8{,}89$$

по Уайрду для загрузки голышем;

$$N = 5{,}6\ (G + G_1)\sqrt{D},$$

где

$D = 2R$ — диаметр мельницы в метрах;

n — число оборотов мельницы в минуту,

k — коэфициент, равный $\sqrt{\frac{542000}{n^4 \cdot R^2}} - 1$;

ψ — коэфициент наполнения;

c — коэфициент Бланка (см. табл. 81);

G — вес наполнителей в тоннах;

G_1 — вес материала в тоннах.

Таблица 81

	Значение коэфициента c				
Коэфициент заполнения ψ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Стальные шары большие .	11,9	11,0	9,9	8,5	7,0
„ „ малые .	11,5	10,6	9,5	8,2	6,8
Цильпебс	11,7	10,0	9,2	8,0	6,0
Кремнистая галька . .	13,3	12,3	11,0	9,5	7,8

Подсчеты по указанным формулам показывают, что формулы Дере-

[1] НИМАШ, № 6, 1931.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

чея и Уайрда, не связанные с числом оборотов, дают весьма грубые результаты. Подсчеты по формулам Левенсона и Канторовича близко совпадают с формулой Бланка, при коэфициенте 0,4. Формула Бланка соответствует работе мельницы с числом оборотов $n = \frac{32}{\sqrt{D}}$ при гладкой облицовке при помоле материала прочности, идентичной цементному клинкеру. При изменении числа оборотов мельницы пропорционально изменяется потребная мощность. При применении ступенчатой футеровки потребная мощность увеличивается примерно на 10%.

Из перечисленных формул наиболее близкие результаты к истинной величине потребной мощности дает формула Бланка.

В табл. 81 указан коэфициент заполнения ψ мельницы, представляющий собою отношение площади, занимаемой шарами и размалываемым материалом, ко всей площади поперечного сечения мельницы в свету.

Коэфициент заполнения определяется по формуле:

$$\psi = \frac{G}{L \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \mu \cdot \delta}.$$

Подставив в формулу значения для π и δ (удельный вес), получим: для стальных шаров

$$\psi = 0{,}0408 \cdot \frac{G}{L \cdot R^2 \cdot \mu};$$

для кремнистой гальки

$$\psi = 0{,}123 \cdot \frac{G}{L \cdot R^2 \cdot \mu}.$$

Коэфициент разрыхления μ, зависящий от диаметра шаров определяется по табл. 82.

Таблица 82

Диаметр шаров *мм*	20	40	50	60	70	80	90	100
Коэфициент μ	0,65	0,60	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48	0,46

Пример. Подсчитать потребную мощность для электродвигателя трехкамерной мельницы диаметром 2 *м* и длиной камер $L_1 = 3{,}8$ *м*, $L_2 = 2{,}2$ *м*; $L_3 = 5{,}38$ *м* ($L = 11{,}38$), при загрузке их $G_1 = 16$ *т*, $G_2 = 10$ *т*, $G_3 = 22$ *т* ($G = 48$ *т*). Определяем коэфициент заполнения камер.

$$\psi_1 = 0{,}0408 \cdot \frac{16}{0{,}53 \cdot 1^2 \cdot 3{,}8} = 0{,}35;$$

$$\psi_2 = 0{,}0408 \cdot \frac{10}{0{,}61 \cdot 1^2 \cdot 2{,}2} = 0{,}30;$$

$$\psi_3 = 0{,}0408 \cdot \frac{22}{0{,}63 \cdot 1^2 \cdot 5{,}38} = 0{,}36.$$

Из табл. 81 соответственные значения для c будут:

$$c_1 = 9{,}2;\ c_2 = 9{,}6;\ c_3 = 9{,}7;$$

$$N = (c_1 \cdot G_1 + c_2 \cdot G_2 + c_3 \cdot G_3) \cdot \sqrt{D} =$$

$$= (9{,}2 \cdot 16 + 9{,}6 \cdot 10 + 9{,}7 \cdot 22) \cdot \sqrt{2} \approx 640\ \textit{ЛС} \quad \text{или} \quad 640 \cdot 0{,}736 = 470\ \text{kW}.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Формула, предложенная Бланком, не учитывает вредных сопротивлений, которые возникают во время работы мельницы, а также величины пускового момента, необходимого для преодоления силы инерции массы мельницы с нагрузкой.

Вредные сопротивления должны учитываться введением коэфициента полезного действия аппарата, причем величина его будет зависеть от способа привода мельницы и от характера смазки.

Определение мощности двигателя по формуле Бланка дает достаточно близкие результаты. Если проверить потребную мощность двигателя, необходимую для работы мельницы, указанной в примере, по формуле для трехфазного тока, при напряжении тока 6600 V, силе тока 52 A и $\cos \varphi = 0{,}9$, то получим:

$$N_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi}{1000} = \frac{1{,}73 \cdot 52 \cdot 6600 \cdot 0{,}9}{1000} = 534 \text{ kW}.$$

Последняя формула не учитывает величины пускового момента, необходимого для преодоления сил инерции массы мельницы с нагрузкой.

4. Основные принципы подбора загрузки мелющих тел

Помол материала состоит в том, что крупные куски мелющими телами доводятся до муки. Схематически процесс измельчения можно себе представить как сечение куска измалываемого материала большим количеством плоскостей или разрушение исходного куска (зерна) мелющими телами. Разрушающее действие шаров или мелющих тел зависит от свойств материала, который подвергается помолу, его механической прочности и твердости.

Кроме прочности и твердости эффективность помола определяется вязкостью, плотностью, структурой, содержанием воды и гранулометрическим составом исходного материала. Эги константы, или факторы, размалываемости определяют ассортимент подлежащей загрузки. Крепость и сопротивление горных пород и угля являлись предметом изучения ряда ученых (Анохин, Блэк, Кик, Ортин, Риттингер, Фишер), однако шкалы твердости главнейших материалов с точки зрения их сопротивления размолу не существует. Подобно предыдущему отсутствуют шкалы зависимости эффективности помола от остальных факторов размалываемости. В этом заключается вся трудность и сложность подбора мелющих тел. В шаровой мельнице мелющие тела располагаются равномерно по всей длине мельничного барабана, оставаясь все время внутри его, в то время как перемалываемый материал с определенной быстротой передвигается от приемной воронки барабана к выходу, подвергаясь в пути действию мелющих тел.

Можно полагать, что скорость движения материала или время пребывания материала в мельнице зависит от свойств материала, от крупности кусков и от того, до какой тонкости помола требуется смолоть готовый продукт. Материал движется по камерам с одинаковой скоростью, но в камерах производится неодинаковая работа по помолу. Например, для трехкамерной мельницы в первой камере происходит грубый помол, во второй — средний, а в третьей — тонкий помол.

Камера первая. Камера работает преимущественно по грубому помолу. Крупные шары 90—80 *мм* должны составлять от $^1/_3$ до $^1/_4$ общего коли-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

чества с тем, чтобы получались сильные удары. Так как, однако, в том же отделении производится и более мелкий помол, остальная часть шаров должна уменьшаться равномерно до диаметра примерно в 50 *мм* (для клинкера).

При первом наполнении шаровая загрузка должна быть подобрана соответствующим образом. Позднее необходимо будет добавлять только шары большого размера от 80 до 90 *мм* в диаметре, так как износ этих больших шаров обеспечит пополнение их телами меньших размеров.

В процессе работы в первой камере скопляется слишком большое количество очень мелких шаров, и так как они перестают принимать эффективное участие в дроблении крупного материала, их следует удалять из мельницы.

Подбор мелющих тел в первой камере должен обеспечить переход во вторую камеру материала с остатком на ситах 900 отверстий — 30—35%; на ситах 4900 отверстий — 35—45%.

Камеры вторая и третья. Очевидно, что для размола более тонкого материала в этих камерах диаметр шаров должен постепенно уменьшаться в размере.

Вопрос о том, следует ли заполнять камеры для тонкого размола голышами или стальными телами в форме кубов, шаров или цильпебса, разрешается в соответствии с размером мельницы. Основным требованием для достижения рациональной работы является наполнение мельниц до определенной высоты. Так как голыш вследствие меньшего удельного веса занимает больший объем, чем такого же веса стальные шары, и так как он является наполнителем с большой поверхностью, то он часто применяется в камерах тонкого размола.

Кроме того средняя высота, до которой поднимаются загруженные в мельницу голыши, бывает меньше средней высоты подъема стальных тел того же веса, в виду этого тонна голышей требует меньшего расхода энергии, чем тонна стальных тел.

Во второй и третьей камерах (среднего и тонкого помола) мелющие тела работают не только на удар, но и на трение,

Условия трения между размалывающим материалом, с одной стороны, и между размалывающими телами и стенками барабана, с другой, а также свойства размалываемого материала оказывают большое влияние на процесс размола. Известно, например, что цильпебс на стальной броне имеет сравнительно небольшой коэфициент трения и оказывает совершенно иное размалывающее деиствие, чем на футеровке из силекспггейна.

Таким образом во второй и третьей камерах применяются мелющие тела с большой поверхностью, и вторая камера должна обеспечить переход в третью камеру материала с остатком на ситах 900 отверстий на 1 $см^2$ 5—10%.

Перегородки и выходные стенки. Недостаточно иметь только правильную загрузку камер мельниц. Необходимо проследить также за прохождением материала через перегородки и выходную стенку. Необязательно, чтобы все отверстия в перегородках всегда оставались безусловно открытыми. Это в особенности относится к мельницам, в которых прорези расширяются по внешнему краю перегородок и выходной стенки. В таких мельницах часто приходится держать часть их постоянно закрытыми посредством заклепывания пластинками, особенно в том случае, если

НБ УДУНТ (ДІІТ)

мотор не может дать достаточного количества энергии для получения максимального выхода, возможного для данной мельницы.

Критерием правильного использования отдельных камер мельницы является высота материала. Высота материала должна быть, по крайней мере, равной высоте размалывающей среды, но может быть несколько выше.

Никогда не должны быть видны непокрытые материалом размалывающие тела, В таких случаях или должна быть увеличена загрузка или, если мельница уже работает с максимальной мощностью, должны быть уменьшены выходные отверстия из камеры. Это естественно относится также и к последней камере, выход из которой часто сужается посредством прикрепления металлического листа над наружными прорезями.

Подбор мелющих тел в мельнице по помолу сухих материалов зависит также от содержания влаги в измалываемом материале. Выделяющийся пар при большом содержании воды (например, в мельницах по помолу клинкера) конденсируется на шарах, вследствие чего к последним прилипает материал, и в результате парализуется работа шаров, особенно малых размеров.

При большой влажности материала (например подмосковный уголь) требуется прохождение достаточного тока воздуха через мельницу. Для этого входное отверстие мельницы и центральное отверстие перегородок должны иметь достаточно большое поперечное сечение. Быстрая струя воздуха уносит весь образовавшийся в мельнице водяной пар благодаря чему сильно повышается производительность,

Для достижения эффекта по камерам или для снижения линейных размеров измалываемого материала до пределов, указанных выше, материал должен быть в мельнице определенное время.

Проведенные опыты, а также многочисленные практические результаты по применению многокамерных мельниц самого различного диаметра и длины дают достаточно данных для определения потребного времени помола.

Продолжительность пребывания размалываемого продукта (по Плединту) в мельнице разная и составляет:

а) для цемента из натурального сырья (клинкер шахтных печей) при размоле до 18% остатка на сите 4900 — 18 мин.;

б) для цемента из клинкера вращательных печей при тонкости помола с остатками на сите 4900 в 15% — 22 мин., при металлических размалывающих телах (шары и цильпебс);

в) для того же цемента и тех же печей при той же тонкости помола, но при размалывающих телах на 50% металлических и на 50% состоящих из голыша — 39 мин.;

г) для цемента из клинкера вращательных печей с добавкой при помоле 10% кремнезема и при тонкости помола с остатком в 12% на сите 4900 — 29 мин., при металлических наполнителях;

д) для сырьевых материалов при тонкости помола с остатками в 20% на сите 4900 и при загрузке измалывающими телами наполовину металлическими и наполовину кремневым голышом — 24 мин.;

е) для угля при размоле с остатком 10% на сите 4900 при применении смешанных размалывающих тел — 14 мин.

Ряд опытов помола клинкера вращательных печей подтверждает продолжительность пребывания материала в мельнице от 23 до 28 мин.,

НВ УДУНТ (ДІІТ)

при размоле до 15% остатка на сите 4900 и при применении сплошных металлических размалывающих тел (шаров и цильпебса).

Результаты этих опытов показывают преимущества цельных металлических размалывающих тел перед кремневым голышом. С этой точки зрения полые металлические размалывающие тела большой эффективности не имеют, так как количество размалывающего материала, содержащегося в пустотах подобных тел, возрастает.

Таким образом в отношении основных принципов подбора загрузки по камерам и содержания решеток можно установить следующее:

1. Так как процесс помола в шаровой (трубчатой) мельнице является процессом во времени, то мельница, а также и камеры ее должны иметь определенную длину для данного ассортимента мелющих тел и помола материала.

2. Время пребывания материала в мельнице определяется свойством материала, характером загрузки, типом мельницы и конечной тонкостью помола и колеблется в пределах 15—40 минут (уголь — клинкер).

3. Для одной и той же установки изменение пребывания материала является изменением производительности. С этой точки зрения замена металлических мелющих тел голышом не целесообразна, так как увеличивает время пребывания материала в мельнице с 22 до 39 мин., причем добавка в 10% песка вместо клинкера дополнительно увеличивает длительность пребывания на 6 мин.

4. Первая камера, работающая на «грубом» помоле, при помоле твердых материалов подлежит загрузке мелющими телами, наиболее эффективными для работы на удар. Этому требованию соответствуют шары размером от 90 до 50 *мм*, причем крупные шары должны составить 20—35% всей загрузки.

5. Вторая камера, работающая на «среднем» помоле, подлежит загрузке мелющими телами, пригодными как для работы на удар, так и на трение, размером 30—60 *мм*, причем не исключается применение крупного голыша хорошего качества, в том числе и для клинкера.

6. Третья камера в трехкамерной мельнице, работающая на «тонком» помоле, подлежит загрузке мелющими телами с большой поверхностью, цильпебсом, причем не исключена возможность, для особо тонкого помола, применения голыша при загрузке металлических наполнителей во вторую камеру.

7. В виду того, что материал движется с одинаковой скоростью по всем камерам и работа по тонкому помолу (согласно Риттингеру) значительно больше, чем по грубому, то длины камер для тонкого помола должны быть больше первых камер, причем каждая из камер должна отвечать следующим показателям по тонкости помола (табл. 83).

Таблица 83

Тонкость помола	Остаток в % на ситах	
	900 отв.	4900 отв.
Из 1-й во 2-ю камеру	30—35	35—45
Из 2-й в 3-ю камеру . .	5—10	20—25
Готовый продукт . .	0,0	до 10

НБ УДУНТ (ДІІТ)

8. Для свободного прохода материала и постоянной аспирации необходимо обеспечить надлежащее живое сечение решеток, составляющее для мельниц, измалывающих уголь и клинкер, 0,20—0,30 *м*², в зависимости от рода материала и его количества.

Тщательный анализ ряда загрузок показывает, что для обеспечения эффективности работы камер можно рекомендовать следующий ассортимент мелющих тел (табл. 84).

В производственных условиях окончательный процент шаров соответствующих камер устанавливается опытным путем после проверки указанных лимитов (от — до), в зависимости от свойства клинкера, содержания пыли в нем, диаметра мельницы и т. д., причем нижний предел (в шарах от 60 *мм*) предусматривает, как правило, слабо обожженный клинкер, а верхний — крепкий клинкер.

Таблица 84

Диаметр мелющих тел *мм*	Количество в %		Камеры
	от	до	
90	15	20	Первая
80	20	30	
70	30	40	
60	15	25	
50	35	45	Вторая
40	30	40	
30	20	30	

Указанными положениями не исчерпывается определение эффективной работы помольного агрегата. Эффективность работы изменяется и зависит от разных факторов.

5. Факторы размалываемости и производительности

К числу их относятся: характер и свойства поступающего в размол материала, как например: механическая крепость, твердость, плотность, структура, степень влажности (при сухом помоле); формы и размеры мелющих тел; степень заполнения мельницы; форма и состояние футеровки; требуемая степень измельчения материала. Эти факторы относятся к мельницам, работающим «открытым» циклом помола, а в случае применения мельниц с «замкнутым» циклом помола производительность мельницы будет находиться в зависимости от степени сепарации.

Характер поступающего в размол материала имеет влияние на производительность шаровых мельниц. Об этом можно судить по кривым на рис. 160, где показана производительность мельницы, размерами 1,4 × 9,0 *м*, при измельчении в ней различных материалов, а именно: сырьевой муки для цемента, клинкера шахтных печей, клинкера вращающихся печей и каменного угля. Наибольшую производительность мельница показывает для сырьевой муки, наименьшую — для угля.

Свойства размалываемого материала играют очень большую роль для производительности мельницы. Так, например, на рис. 161 показаны кривые, полученные в результате помола клинкеров в трехкамерных шаровых мельницах одной и той же конструкции при размерах: диаметром — 1,8 *м*, а длиною две по 12 *м*, а одна — 13 *м*, установленных на разных заводах. При испытании на определение их производительности были приняты меры к тому, чтобы раздробляющие

НБ УДУНТ (ДІІТ)

тела и степень заполнения ими барабана были одинаковые, а также и подлежащий размолу клинкер был хорошо обожжен и отсортирован. При этом определялась относительная производительность мельниц, отнесенная к удельному расходу энергии в киловатт-часах на 1 *т*, при снижении тонкости помола на 1%.

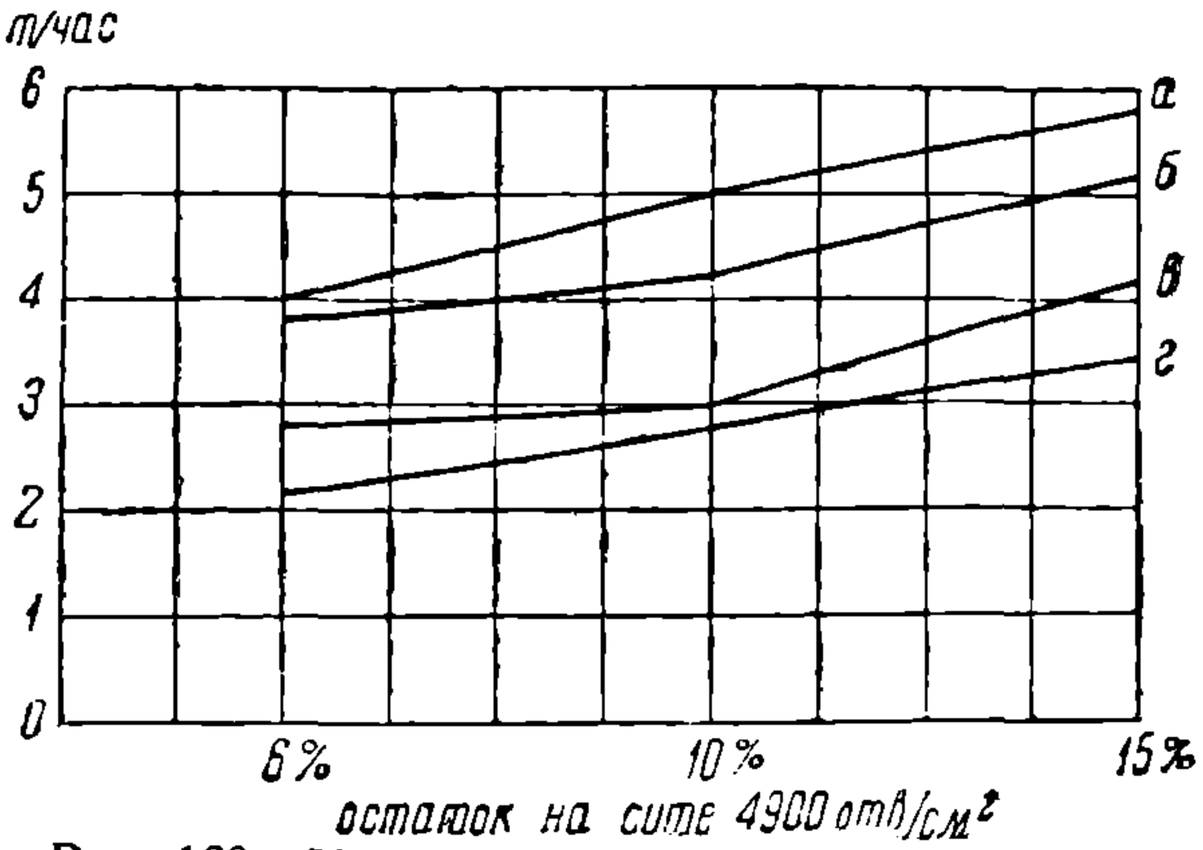


Рис. 160. Кривые, показывающие зависимость производительности мельницы от характера поступающего материала:

а — сырьевая мука; *б* — клинкер шахтных печей; *в* — клинкер вращающихся печей; *г* — уголь.

Путем сравнения трех кривых определяется разница в степени размалываемости всех трех сортов клинкера. Затраты энергии на размол клинкера в первой мельнице (*I*) вначале значительно больше, по сравнению с двумя другими мельницами (*II* и *III*), но зато клинкер в мельнице *III* оказывает бóльшую сопротивляемость по сравнению с клинкером в мельнице *I*. Кривая для клинкера в мельнице *I* идет почти прямо, т. е. относительная сопротивляемость клинкера во время размола почти одинакова. Клинкер в мельнице *III* (а отчасти и в мельнице *II*) вначале показывает небольшую относительную сопротивляемость, которая в дальнейшем повышается, а при очень тонком размоле становится значительно выше, чем для клинкера мельницы *I*. Эти три кривые показывают, какое различное сопротивление может оказывать один и тот же материал, полученный в разных условиях, и что не всегда можно утверждать, что тот или иной материал легче или труднее поддается измельчению.

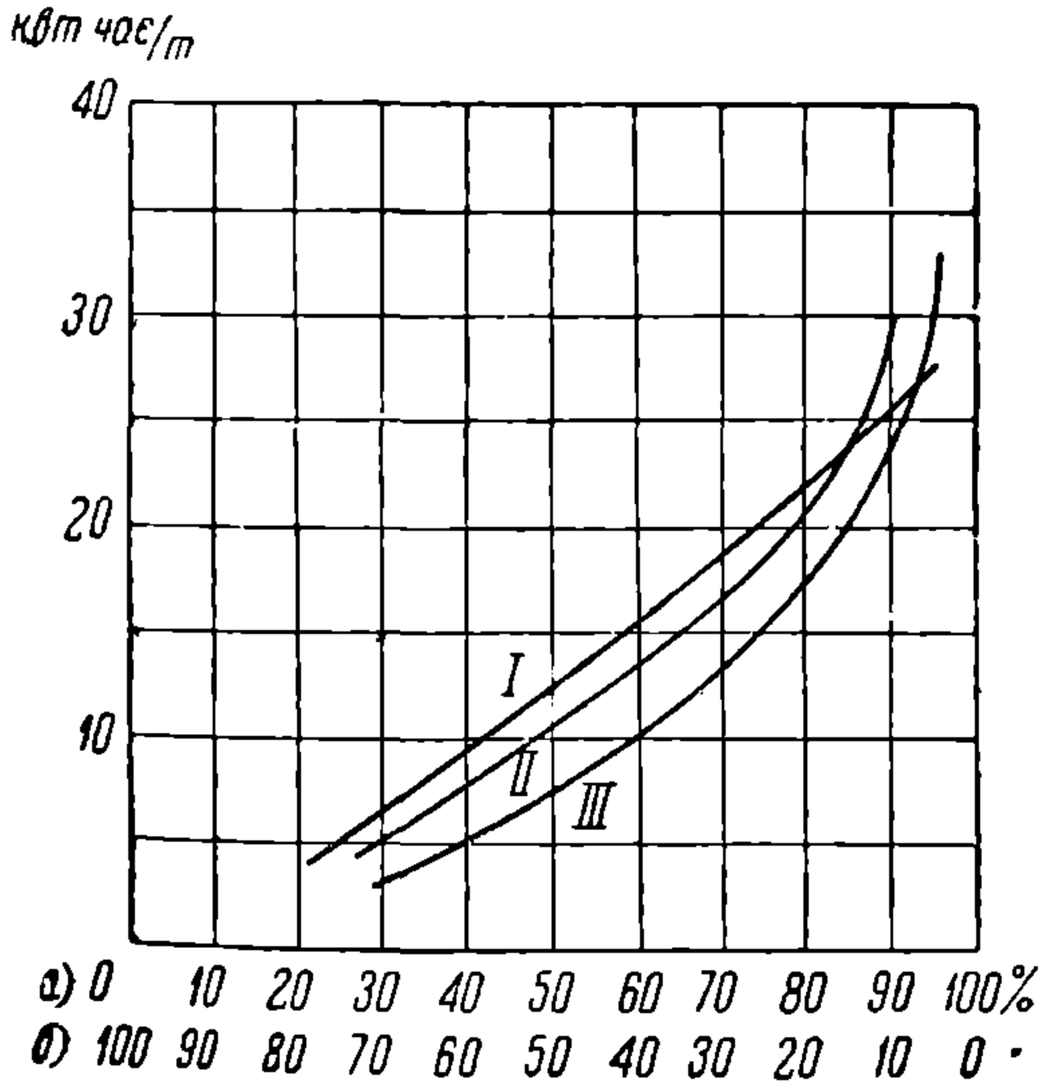


Рис. 161. Кривые, показывающие зависимость между удельным сопротивлением помолу и прочностью материала при размоле:

I и *II* — мельницы размером 1,8 × 12 *м*; *III* — мельницы размером 1,8 × 13 *м*; *а*) прошло сквозь сито 4900 *отв/см²*; *б*) остаток на сите 4900 *отв/см²*.

Что касается другого фактора, например влажности материала, то даже незначительное колебание влажности материала оказывает большое влияние на производительность мельницы, а также и на удельное сопротивление помолу. На рис. 162 показаны две кривые, полученные в результате испытания

РБ УДУНТ (ДІІТ)

одного и того же материала (клинкера) в мельницах одной и той же конструкции. Был взят клинкер в одном случае с содержанием влажности 0,4%, а в другом — 2,4%. Из рисунка видно, какое большое значение на удельное сопротивление помолу имеет степень влажности материала.

Формы, размеры и количество мелющих тел. Многочисленные опыты и данные производства о значении мелющих тел на эффективность помола и производительность мельницы показали, что выбор правильной формы, размера и количества мелющих тел имеет существенное значение.

На рис. 163 приведены кривые результатов испытания размола базальта, отличающегося большой однородностью своего состава. Измельчающими телами служили стальные шары в 50 *мм* диаметром и цильпебс

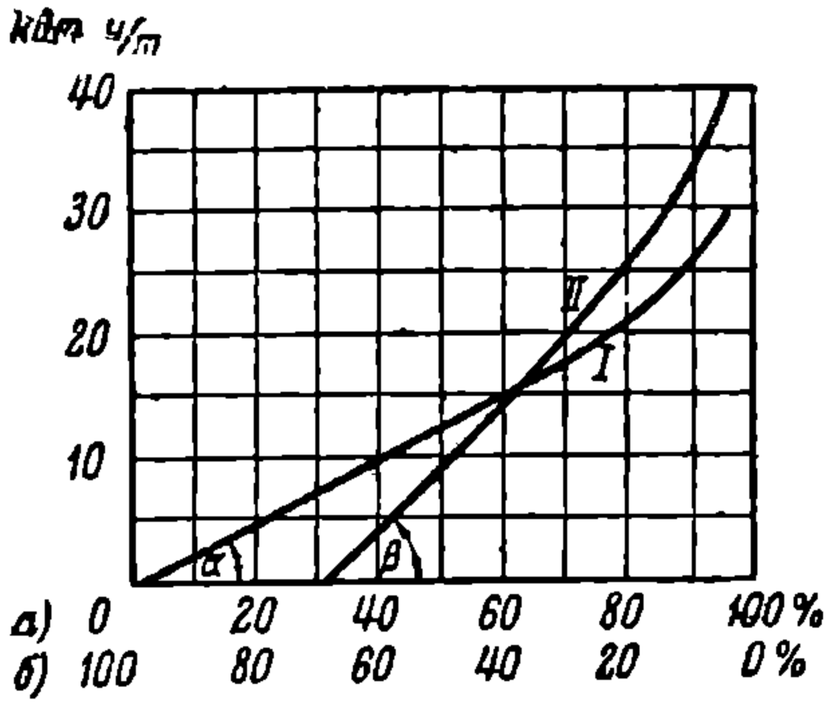


Рис. 162. Кривые, показывающие зависимость между удельным сопротивлением помолу и влажностью материала при размоле.

I — содержание влаги — 0,4%; *II* — содержание влаги — 2,4%; *а*) прошло сквозь сито 4900 *отв/см²*; *б*) остаток на сите 4900 *отв/см²*.

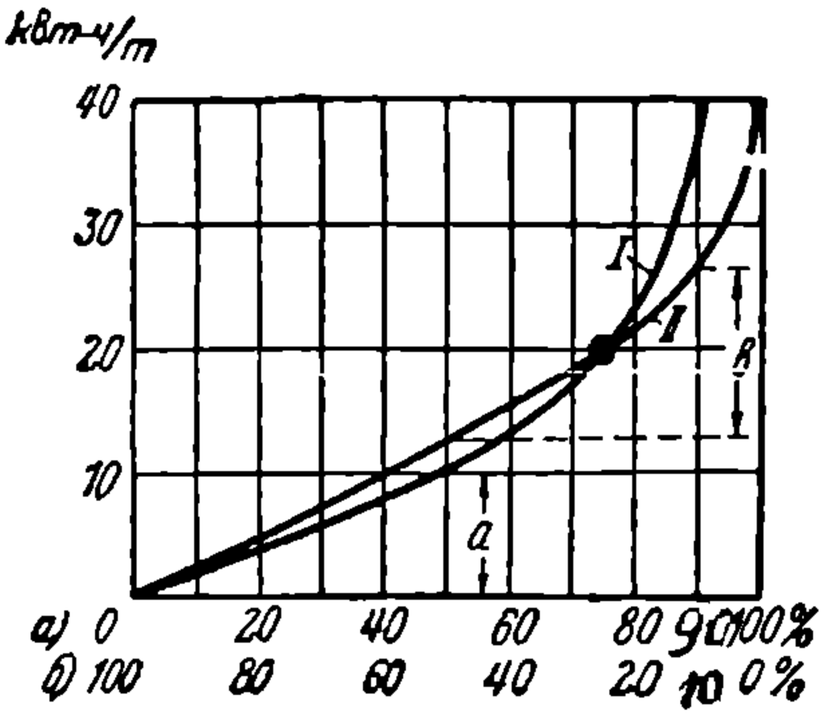


Рис. 163. Кривые, показывающие зависимость между удельным сопротивлением помолу и загрузкой мельницы наполнителями различной формы:

I — стальные шары ∅ 50 *мм*; *II* — цильпебс 13 × 25 *мм*; *а*) прошло сквозь сито 4900 *отв/см²*; *б*) остаток на сите 4900 *отв/см²*.

(цилиндрики) диаметром 13 *мм* и длиною 25 *мм*. Из характера кривых нетрудно видеть разницу в относительном действии на материал шаров и цильпебса. Вполне очевидно, что первоначальный помол лучше производить шарами, так как они крупнее и тяжелее, а дальнейшее измельчение в связи с уменьшением размеров кусков материала, лучше производить посредством мелких и более легких дробящих тел (цильпебса).

Степень заполнения оказывает влияние на производительность мельницы не в меньшей степени, чем предыдущий фактор. В настоящее время степень наполнения мельниц принимается 0,2—0,4 пространства в свету.

Форма и состояние футеровки оказывают влияние на производительность мельницы. Футеровки с неровными поверхностями сообщают большее вращательное движение шарам, чем футеровки с гладкой поверхностью; в результате в первом случае получаются меньшие истирающие усилия, а следовательно такая форма футеровки может применяться для случаев более крупного, промежуточного измельчения.

Степень измельчения (или тонкость помола) материала в мельницах влияет на их производительность: чем тоньше измельчение, тем меньше производительность. Наглядно это иллюстрируется кривыми,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

показанными на рис. 164, где по оси абсцисс отложены остатки на сите 4900 *отв/см²* в процентах, а по оси ординат — производительность мель-

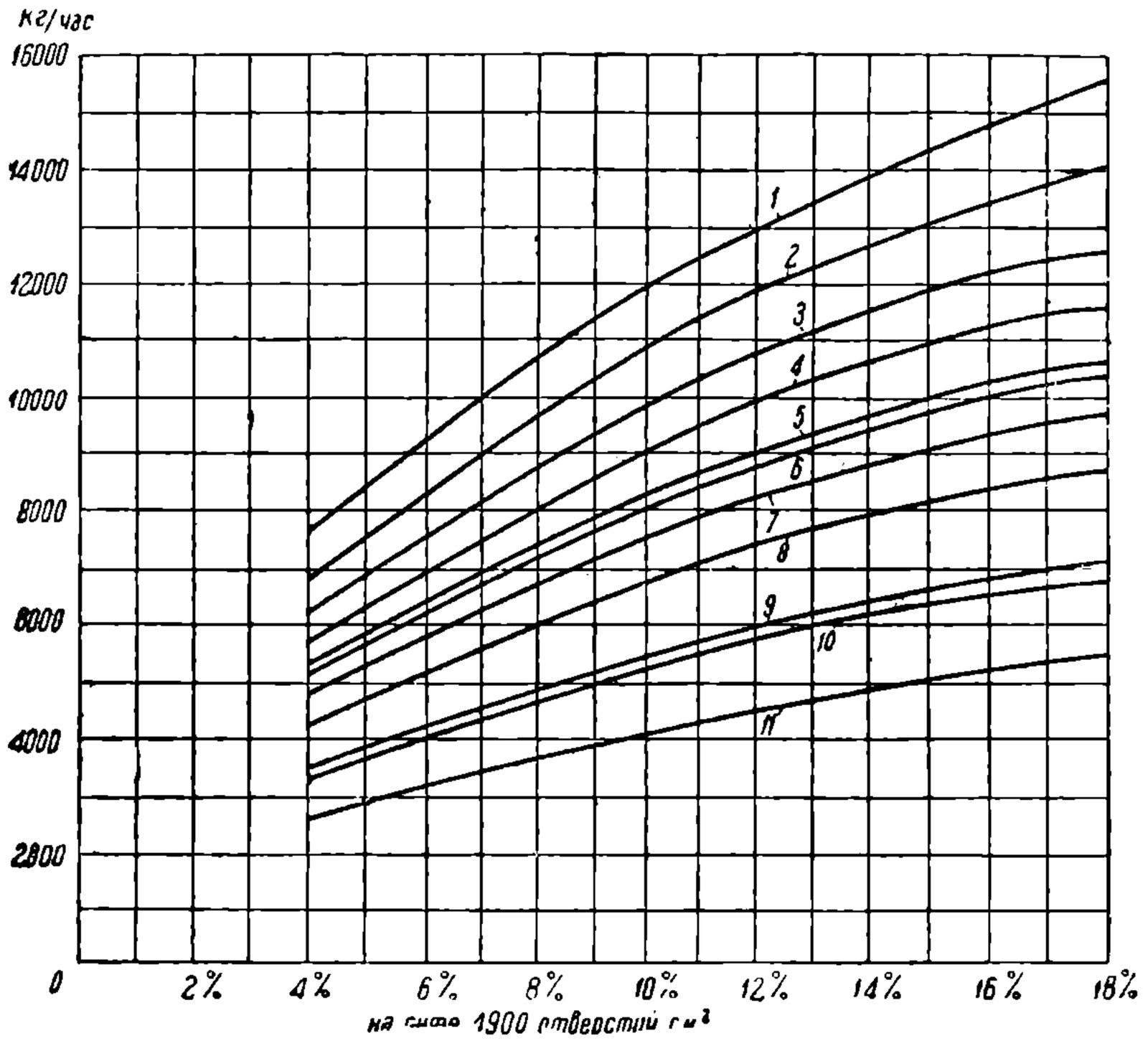


Рис. 164. Кривые, показывающие зависимость между производительностью мельниц и тонкостью помола клинкера вращающихся печей.

ниц в *кг/час* при помоле клинкера вращающихся печей. Показатели, соответствующие кривым *1—11*, приведены в табл. 85.

Таблица 85

Кривые	Размеры мельниц в *м*	Вес наполнителей *т*	Число оборотов в минуту	Потребная мощность двигателя *ЛС*
1	2,0×12	32—36	21,5	450
2	2,0×11	29—32	21,0	400
3	1,8×12	25—26	24,0	325
4	1,8×11	23—24	24,0	300
5	1,8×10	21—22	24,0	275
6	1,6×12	21—22	27,0	270
7	1,6×11	19—20	27,0	250
8	1,6×10	17—18	27,0	225
9	1,6×8	14—15	27,0	180
10	1,4×10	13—14	31,0	175
11	1,4×8	10—11	31,0	140

НБ УДУНТ (ДІІТ)

6. Материалы футеровки и мелющих тел

Футеровка мельниц. Для предохранения внутренней поверхности барабана мельницы от ударного и истирающего действия мелющих тел и материала ее облицовывают плитами, носящими название ф у т е р о в к и. Сила удара, испытываемая футеровкой, сравнительно невелика, и футеровка изнашивается, главным образом, от истирания непрерывно движущеися массы материала и мелющих тел. Облицовочные плиты, применяемые для футеровки мельниц, изготовляются либо каменные, либо металлические.

Из к а м е н н ы х материалов наибольшее распространение получили кремневые плиты. В довоенное время футеровка мельниц, установленных на наших заводах, производилась кремневыми плитами, носящими название с и л е к с ш т е й н. Этот материал в виде включений встречается, главным образом, среди меловых отложений побережья Северного моря, где ведутся его разработки и экспорт во все страны. Еще сравнительно недавно этот материал ввозился из-за границы и на наши заводы, пока не были изучены породы, залегающие в ряде районов СССР.

Из изученных у нас пород, по данным ВНИЦ,[1] наиболее отвечает всем техническим требованиям для футеровки мельниц так называемый украинский силекс, который представляет собой кремневую породу, залегающую мощным пластом среди меловых отложений в районе Каменец-Подольска. Практикой автора также была установлена полная пригодность для футеровки мельниц карельских кварцитов, применявшихся на Ленинградском цементном заводе. В качестве вяжущего материала для укладки кремневых плит применяется жидкое стекло, цемент Сорелля или обычный высокосортный цемент. Для характеристики работы футеровочных материалов из различных камней в табл. 86 приводятся данные о сроках их службы на некоторых заводах.

Таблица 86

Породы	Название завода	Толщина камня *мм*	Срок службы в месяцах для мельниц		
			сырье	уголь	клинкер
Андезит новосибирский	„Красный строитель“ (Яшкино)	70—80	3	—	—
Гранит украинский	„Спартак“	80—85	3—4	10—12	8—9
Кварцит сегозерский	им. Воровского (Ленинград)	—	4—5	12	5—6
Известняк окремненный подольский	„Спартак“	75—85	2—3	6—7	5—6
Песчаник (местный)	„Пролетарий“ Новороссийский	—	2—3	—	—
Силекс датский	„	—	11—12	—	23—24
„ „	Катав-Ивановский	—	—	>7	—

[1] Инж. Ч е р е п о в с к и й, Естественные каменные материалы для футеровки трубных мельниц. Журн. «Цемент» № 1, 1933.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Из металлических материалов наибольшим распространением пользуются стальные плиты, которые часто называются панцырными или броневыми. Материалом для этих плит служит стальное литье, которое по нашим техническим условиям должно отвечать следующему химическому составу (в процентах) (см. табл. 87):

Таблица 87

Элементы	Тип А	Тип Б	Тип В
C	0,50—0,60	0,70—0.80	0,35—0,40
Mn	0,75 – 1,10	0,25—0,30	0,40—0,55
Si	0,25—0,32	0,20—0,25	1,20—1,40
S	0,03—0,06	0,04—0,06	0,02—0,03
P	0,04—0,06	0,03—0,05	0,03—0,04

Временное сопротивление на разрыв не менее 100 *кг/мм²*; относительное удлинение не выше 10%; твердость по Бринеллю не менее 300; предел упругости не ниже 80 *кг/мм²*.

Плита не должна вытягиваться, деформироваться, крошиться и давать трещины. Поверхность отливки плит должна быть чистой, без раковин, трещин и сыпи.

Излом должен показывать однородность по строению, отсутствие крупных кристаллов, резких углов и пузырей.

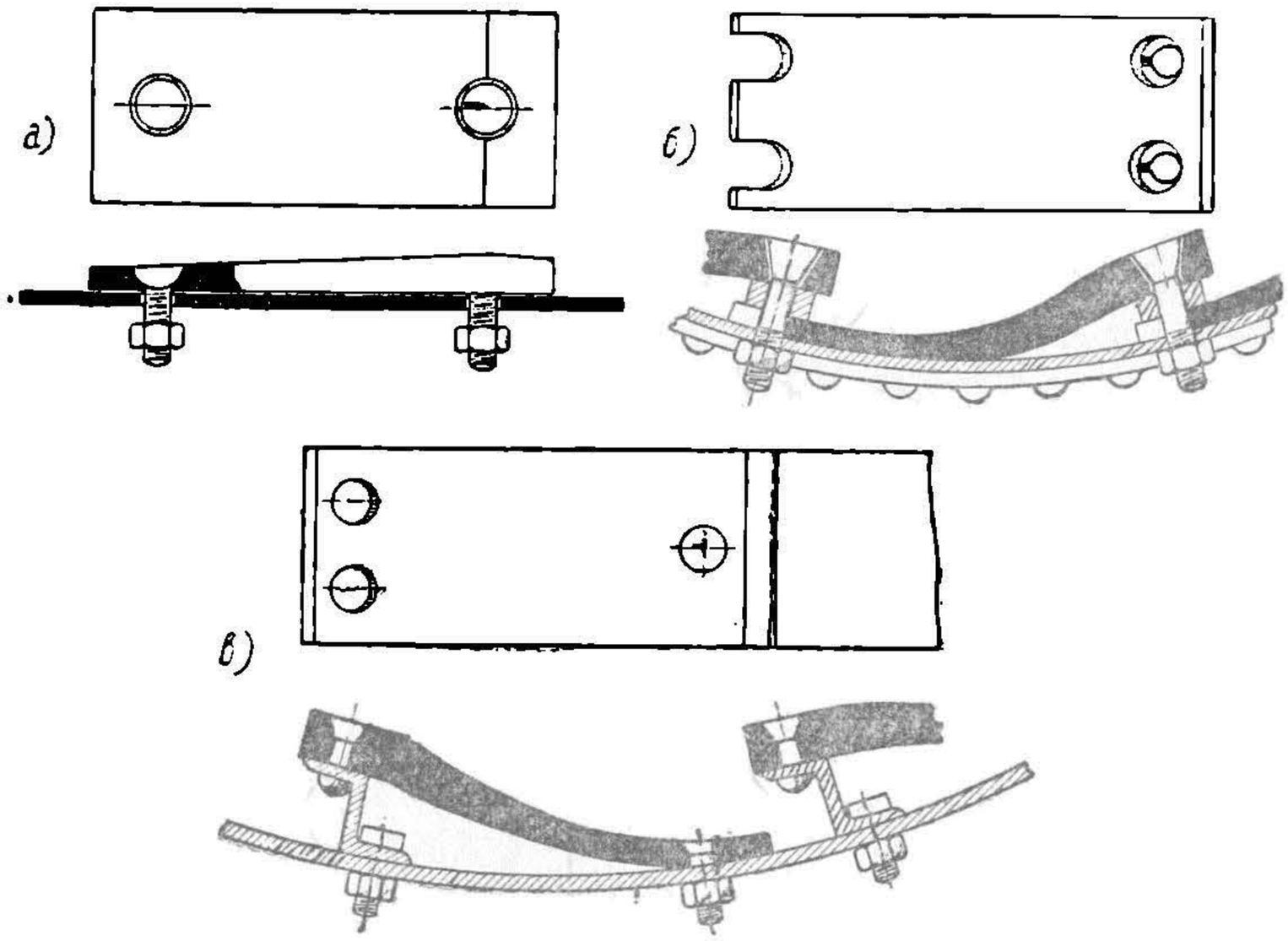


Рис. 165. Способы крепления стальных плит в мельницах:
а — система Лонерта; *б* — система Смидта; *в* — система Миаг.

Допускается также изготовление кованых плит или плит из специальных прокатных материалов. Под сомнением находится применение хрупких или тягучих материалов, как отбельный чугун, мягкая сталь и т. п.

Прикрепление плит производится болтами из стали с временным сопротивлением разрыву не менее 50 *кг/мм²* и с удлинением не менее 18%.

Способ прикрепления металлических плит к внутренней поверхности бывает различный. На рис. 165 изображены некоторые из способов крепления стальных плит в мельницах систем Лонерт, Смидт и Миаг.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Мелющие тела. Как известно, тела для измельчения должны быть такого веса, чтобы свободным ударом дробить поступающий в мельницу материал, но не больше, чем это требуется.

Обычно размеры шаров колеблются в пределах 30—90 *мм*. Шары, меньшие 25 *мм* диаметром, бесполезны и должны быть немедленно удалены из мельницы с заменой их соответствующим количеством шаров по весу и надлежащих размеров. В качестве материала для приготовления шаров и других мелющих тел рекомендуется брать углеродистую, марганцовистую и хромистую сталь.

По американским данным количество углерода рекомендуется брать в пределах 1,0—1,2%. В марганцовистой стали содержание марганца должно быть или меньше 2% или больше 6%, так как количество марганца от 2 до 6% придает стали хрупкость.

По данным фирмы Крупп шары хромистой стали имеют следующий состав и свойства: C — 0,8—1,0%; Si — 0,3%; Mn — 0,8%; P — 0,03%; Cr — 0,8—1,0%; S — 0,03%; сопротивление разрыву — 80—90 *кг/мм²*; предел упругости — 50 *кг/мм²*; удлинение — 6—8%.

Шары меньших диаметров 20—40 *мм* изготовляются фирмой Крупп по способу холодной прессовки, шары бо́льших диаметров изготовляются путем отковки.

По нашим техническим условиям [1] рекомендуется следующий химический состав (в процентах) (см. табл. 88).

Таблица 88

Элементы	Тип А	Тип Б	Тип В	Тип Г
C	0,85—0,95	0,35—0,45	0,50—0,60	1,00—1,20
Mn	0,50	0,30—0,50	1,70—2,10	0,25—0,35
Si	0,25—0,30	0,25—0,35	0,25—0,35	0,10—0,20
Cr	—	0,75—0,40	—	—
P	⩽0,045	⩽0,04	⩽0,03	⩽0,04
S	⩽0,02	⩽0,02	⩽0,02	⩽0,02

Сопротивление разрыву не менее 90 *кг/мм²*; относительное удлинение — 8%; твердость по Бринеллю не ниже 250.

Шары изготовляются посредством ковки или штамповки.

Износ шаров не должен превышать 0,25 *кг* на 1 *т* размолотого клинкера и 0,12 *кг* для известняка, соответственно уменьшаясь для более слабых материалов.

При приемке целой партии шаров количество брака не должно превосходить 5%, иначе всю партию следует забраковать. Допускаемые отклонения от номинальных размеров для шаров указаны в таблице 89.

Шары после штамповки не отжигаются, но и не должны подвергаться чересчур быстрому охлаждению даже воздушной струей. Поверхность шара не обрабатывается, но должна быть чистой.

Для определения крепости и упругости шаров рекомендуются следующие испытания. Шар диаметром 90 *мм* кладется на массивную сталь-

[1] Технические условия на импортное оборудование. Мельницы трубчатые шаровые.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ную плиту и подвергается удару бабы весом 350 *кг*, падающей с высоты 10 *м*; при этом шар не должен получить ни повреждений, ни заметных для глаза деформаций.

Таблица 89

Допускаемые отклонения от номинальных размеров

Диаметр шара *мм*	110—90	90—70	70—50	50—30	30
Допуск на диаметр . *мм*	±8,5	±2	±1,5	±1	±0,75
Допуск на несферичность *мм*	—6	—5	—4	—3	—2

Вес 1 $м^3$ стальных загружаемых шаров принимается в среднем 4500 *кг*.

Во время эксилоатации шары подвергаются износу и диаметр их постепенно уменьшается. В виду этого необходимо периодически проверять диаметры шаров, а также производить пополнение новыми шарами.

Сортировка шаров вручную отнимает много времени и отличается неточностью. В настоящее время за границей для сортировки шаров по размерам введены аппараты, называемые к л а с с и ф и к а т о р а м и. Рис. 166 изображает такой классификатор, представляющий собой че-

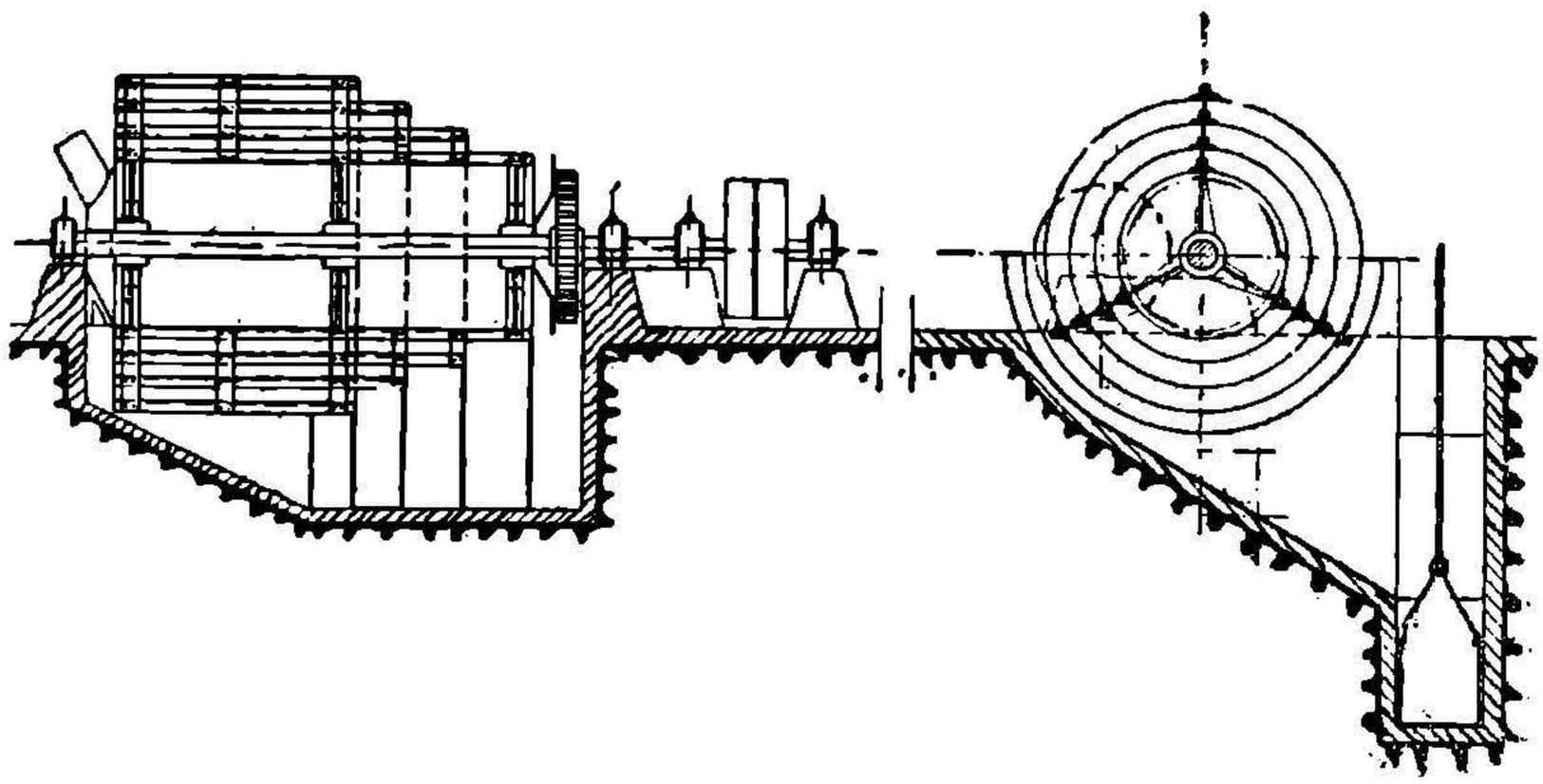


Рис. 166. Классификатор для сортировки шаров.

тырехступенчатый барабан, оборудованный лежащими одно внутри другого ситами, с отверстиями 0—15, 15—30, 30—40, 40—50, 50—60 *мм*. Поступающие в барабан шары во время его вращения выпадают через соответствующие отверстия и направляются по жолобам в установленные внизу ковши.

Для увеличения эффективности дробления кроме шаров пользуются различными формами измельчающих тел. У нас наиболее распространенными телами являются цильпебсы, представляющие собой короткие цилиндрики диаметром от 18 до 25 *мм* и длиной от 25 до 35 *мм*. Они загружаются в камеру для окончательного помола.

В американской практике получили распространение двояковогнутые шары с углублениями, известные под названием к о н к а в е к с. У этих тел радиус шарового углубления равен радиусу шара. Шары при-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

меняются фирмой Аллис-Чамерс в комбинированных цилиндрических мельницах при диаметре шара в $1^1/_2''$ (38 *мм*).

В случае размола слабых или вязких материалов применяют винтовые пружинки, известные под названием хольпебса, изготовленные из кусков твердой стали квадратного сечения.

Кроме перечисленных измельчающих тел применяются и другие, например кубики, трубочки, усеченные конусы (пульпебс, овальпебс) и т. п.

Различные типы размалывающих тел показаны на рис. 167.

Из других загрузочных материалов применяются также с т а л ь н ы е с т е р ж н и и л и п р у т ь я, изготовляемые большей частью из высокоуглеродистой стали (с содержанием С от 0,9 до 1,1%) горячей прокаткой с последующим выпрямлением на правильных станках.

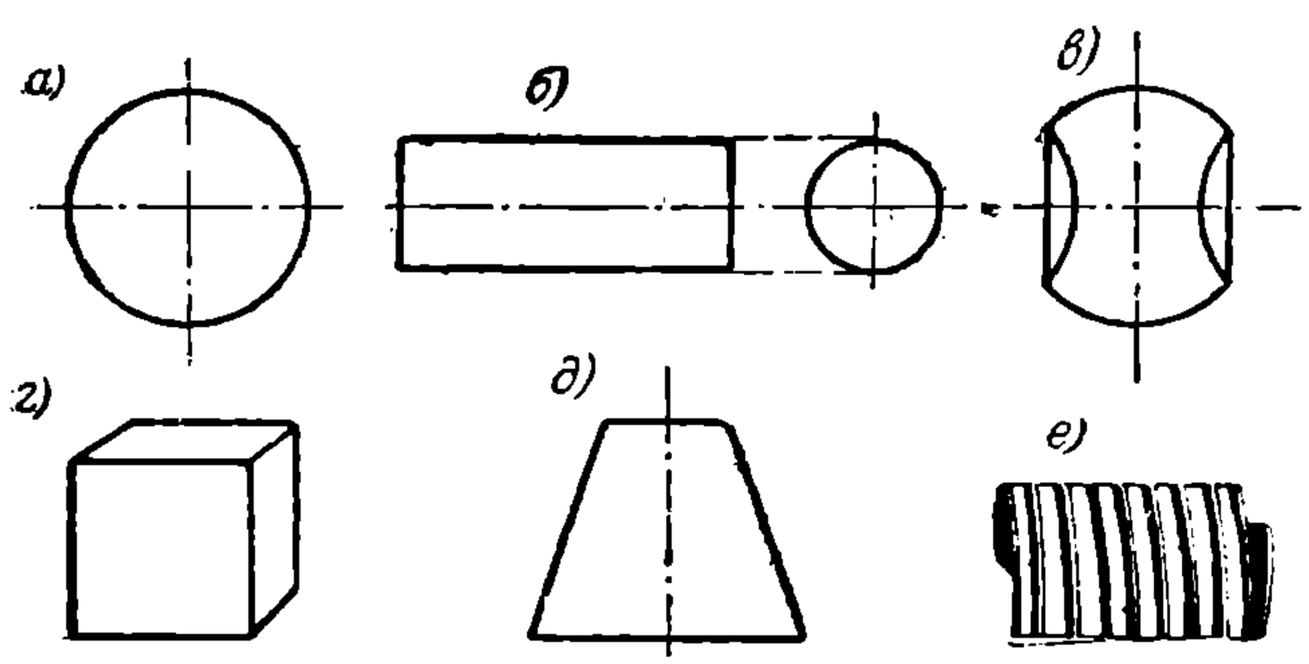


Рис. 167. Типы мелющих тел:
а — шар; *б* — цильпебс; *в* — конкавекс; *г* — куб; *д* —пульпебс; *е* — хольпебс.

Вес 1 $м^3$ стержней составляет около 5000 *кг*. В цементной промышленности стержни не нашли применения.

Помимо стальных шаров, стержней и др. в качестве размалывающих тел у нас часто применяется кремневый материал, известный под названием гальки, имеющей приблизительно яйцеобразную форму.

По данным фирмы Гардинга вес 1 $м^3$ галечных тел в среднем составляет 1500 *кг*. В табл. 90 приведены веса кремневых тел и стальных шаров в зависимости от их размеров.

Таблица 90

Поперечники *мм*	200—165	165—125	125—90	90—65	65—40	40—25
Вес гальки *кг*	4,5	3,60	2,20	1,55	0,45	0,08
Число галек в 1 *т*	224	280	448	640	2240	12440

Диаметр шара *мм*	125	100	75	70	65	60	55	50	40	30	25
Вес шара *кг*	8,15	4,05	1,63	1,33	1,11	0,88	0,73	0,56	0,28	0,12	0,10
Число шаров в 1 *т*	122	247	614	752	901	1137	1370	1786	3572	8384	10000

В виду меньшего объемного веса галечных тел, по сравнению со стальными, галечная загрузка берется несколько большей по объему. Уровень

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ее также должен лежать несколько выше, чем металлической загрузки, с таким расчетом, чтобы объем загрузки составлял около 45% емкости мельницы.

В качественном отношении наилучшая галька находится на берегах Дании, затем идет нью-фаундлендская галька, французская и др. У нас в СССР доставляется галька из Каменец-Подольска и с Черного моря (новороссийская).

7. Характеристика работы мельниц с сепараторами

Основная группа помольных агрегатов — как на действующих заводах, так и на вновь запроектированных и строящихся — состоит из шаровых мельниц с открытым циклом помола. Мельниц с замкнутым циклом помола (с сепарацией) на наших цементных заводах немного, а именно: 16 агрегатов типа Гартмюле-Пфейфера (2×4 *м*) и типа Эргомюле-Миаг (2×6 *м*). Наибольшее распространение имеют, таким образом, шаровые мельницы без сепараторов, что объясняется, с одной стороны, недооценкой преимущества последних, с другой стороны — сложностью ухода за ними.

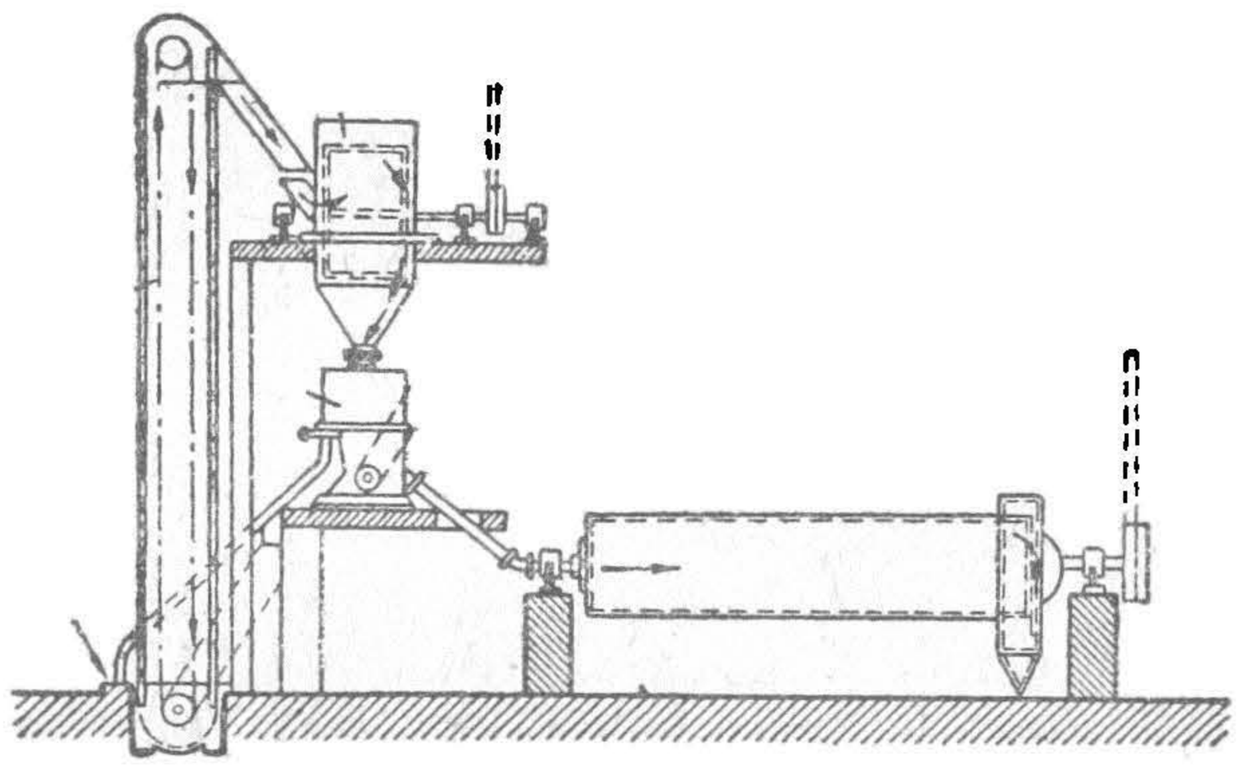


Рис. 168. Схема установки, работающей замкнутым циклом помола (мокрый способ).

Помол открытым циклом можно назвать также помолом с однократным прохождением материала, т. е. когда весь материал смолот до заданной тонкости при одном прохождении через мельницу. От всех этих мельниц требуется, чтобы они не только размалывали материал, но и доводили его внутри самой мельницы до определенной тонкости помола, выгружая материал только тогда, когда он дойдет до готового состояния.

При этом приходится размалывать до конца все количество поданного материала, следовательно количество подаваемого материала должно точно соответствовать количеству материала, выходящего из мельницы. При слишком большой подаче помол будет слишком грубым, и мельница будет забиваться; при недогрузке материал будет размолот тоньше, чем необходимо.

Помол замкнутым циклом может быть определен как такой способ измельчения материала, при котором помольное оборудование работает в соединении с сепаратором. В этом случае не требуется, чтобы мельница производила размол всего поданного в нее материала до заданной конечной тонкости при одном прохождении. Отбор частиц требуемой тонкости производится сепаратором в то время, как мельница только измельчает материал для сепарации. Весь выходящий из мельницы материал, как крупный, так и мелкий, проходит через сепаратор, который отделяет материал достаточной тонкости и возвращает обратно в мельницу тот материал, который еще недостаточно размолот. Возвращаемый сепаратором

НБ УДУНТ (ДІІТ)

для вторичного размола материал можно назвать циркулирующей нагрузкой или второй крупкой.

При открытом цикле помола, когда требуется, чтобы мельница размалывала до заданной тонкости все поданное в нее количество материала, скорость подачи ограничена способностью мельницы размалывать самые крупные, твердые, вязкие или влажные частицы. При современном способе помола замкнутым циклом размалывающая способность мельницы

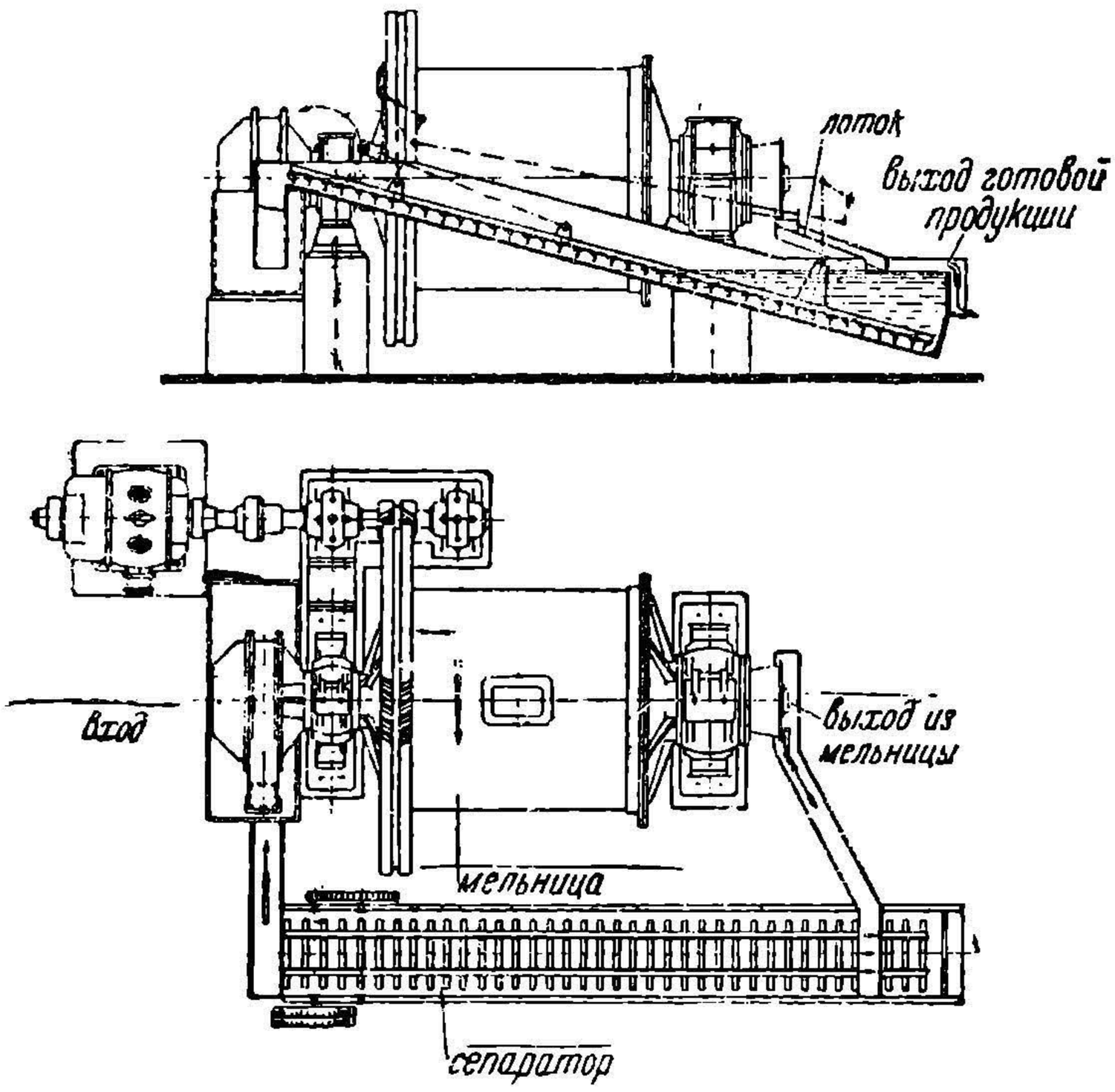


Рис. 169. Схема установки, работающей замкнутым циклом помола (мокрый способ).

используется полностью, и при этом мельница не должна заканчивать на 100% размол загруженного материала при одном прохождении. Циркулирующая нагрузка может представлять собой количество, в несколько раз большее того, которое загружается до тех пор, пока ситовой анализ выходящего материала не будет показывать 80—60% или даже 50% необходимой тонкости.

На рис. 168—170 показаны схемы помольных установок, работающих замкнутым циклом и состоящих из цилиндрической шаровой мельницы, транспортера и сепараторов с ситами для мокрого помола (рис. 168), со скребками для мокрого помола (рис. 169) и бесситного (воздушного) для сухого помола (рис. 170).

Материал подается через воронку в мельницу, из которой помощью лотка или транспортера направляется в сепаратор, который (во всех случаях) отсортировывает материал на две фракции. Из них крупная возвращается

НБ УДУНТ (ДІІТ)

обратно в мельницу для нового помола, а мелкая фракция поступает в дальнейшее производство.

У нас в СССР существует несколько портланд-цементных заводов, оборудованных агрегатами для помола клинкера открытым и замкнутым циклами. Ленинградский завод им. Воровского, один из Вольских заводов и др. производят помол клинкера как в мельнице без сепаратора, так и в короткой мельнице с сепаратором (типы Гарт-мюле, Эрго-мюле).

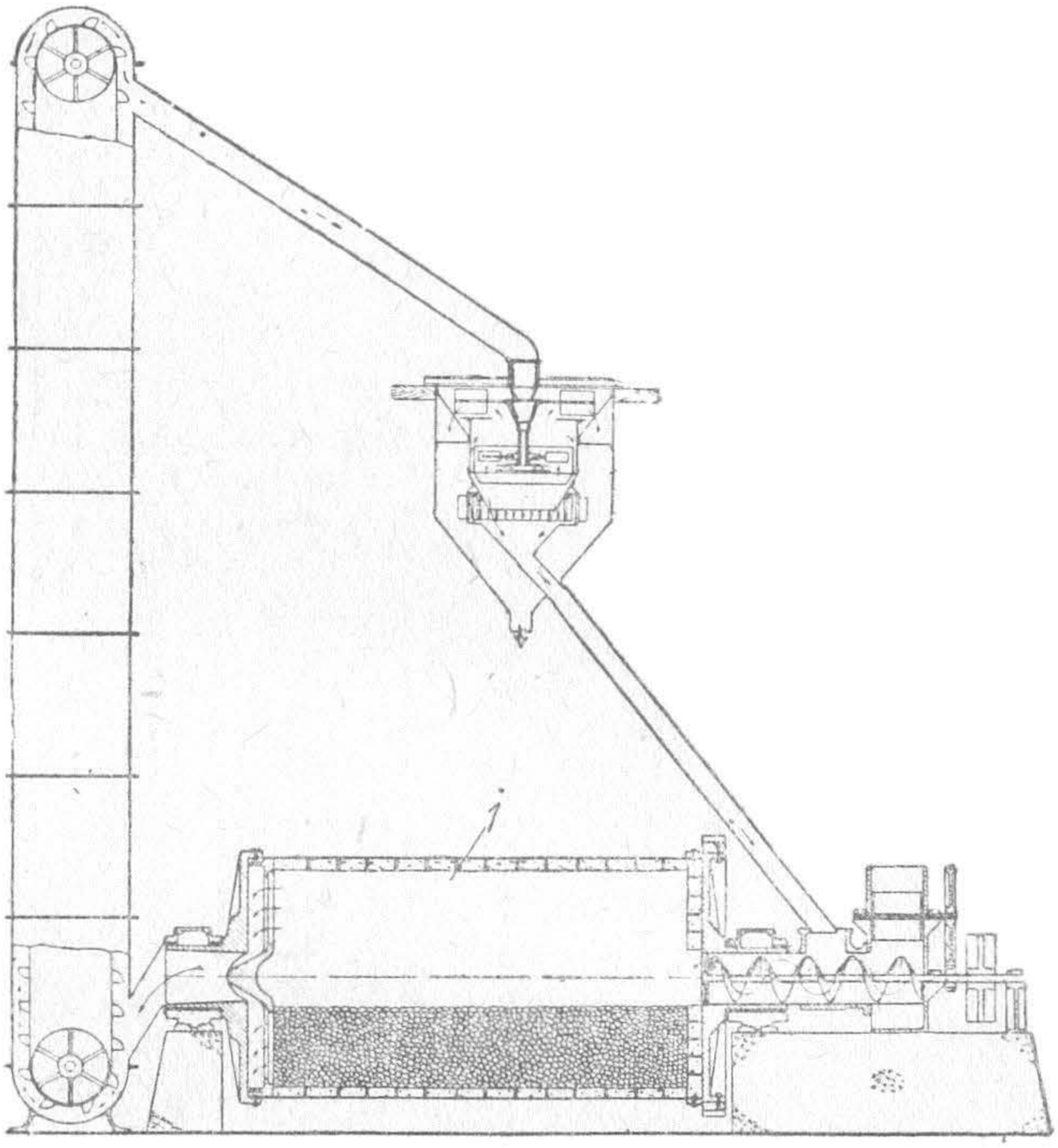


Рис. 170. Схема установки, работающей замкнутым циклом помола (сухой способ).

О выгодности применения того или иного способа помола существуют различные мнения. Так, например, помол в короткой мельнице с сепаратором требует меньшего расхода электроэнергии, как это видно из табл. 91, но зато для получения высокосортного портланд-цемента рекомендуют помол производить в мельницах без сепаратора.

Что касается второго вопроса, а именно тонкости помола, то здесь будет интересно привести результаты работы, проделанной японским инж. К. Коянаги.

Для получения данных, приведенных в табл. 92, Коянаги был произведен помол клинкера в трех- и четырехкамерных мельницах и в мельницах, оборудованных сепараторами разного диаметра, причем опреде-

Таблица 91

Показатели работы мельниц с сепараторами и без сепараторов

Наименование мельниц	Производительность *т/час*	Тонкость помола на ситах		Расход энергии в kWh/t
		900 отв.	4900 отв.	
Мельница с сепаратором (системы Пфейфера)	4,5	1,5	16,0	16,0
Мельница без сепаратора трехкамерная (системы Миаг)	5,5	0,8	13,0	39,0
Мельница без сепаратора трехкамерная (системы ВМТС) . . .	4,0	1,8	15,0	43,1

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ление тонкости помола производилось просеиванием на стандартных ситах, а также и посредством воздушного анализа аппаратом системы М. Петерсен.

В табл. 92 показаны диаметры в микронах (μ) наименьших частиц цемента, оставшихся на ситах 4900 и 10 000 *отв/см²*, в случае применения воздушного анализа, при соответствующих потоках воздуха и давлениях его в 70, 50 и 35 *мм*.

Таблица 92

Результаты испытания тонкости помола цементов ситовым и воздушным анализом

Размеры мельницы *м*	Число камер	Диаметр сепаратора *м*	Сита с *отв/см²*		Воздушный анализ с давлением воздуха в *мм*		
			4900	10000	70	50	35
			Диаметр наименьшей частицы цемента в μ				
			100	60	50	40	30
			Остатки в процентах				
Мельницы с сепаратором							
2,1 × 7,2	2	4,2	1,2	5,3	25,2	29,3	33,4
2,1 × 3,3	2	4,2	1,2	9,3	28,8	31,6	37,0
2,1 × 7,8	2	4,2	1,6	5,9	28,0	33,2	37,4
2,1 × 6,6	2	4,2	1,6	7,8	30,1	35,0	38,2
2,1 × 7,2	2	4,2	1,6	8,1	37,8	42,2	52,2
2,1 × 7,8	2	2,7	3,0	9,3	31,4	34,4	38,4
Мельницы без сепараторов							
2,1 × 10,8	3	—	1,0	4,0	17,4	19,5	22,6
2,1 × 10,8	4	—	1,5	4,7	19,4	23,4	27,2
2,1 × 10,8	3	—	1,8	6,1	19,6	24,4	27,0
2,1 × 10,8	4	—	2,5	9,4	24,5	29,8	33,8

Результаты испытаний помола цемента на стандартных ситах указывают сравнительно небольшую разницу в тонкости помола обоих цементов, воздушный же анализ показывает, что при помоле клинкера мельницами трех- и четырехкамерными окончательный продукт получается более тонкого помола.

8. Зависимость между работой мельницы и сепаратора

Законы и сущность сепарации еще не изучены достаточно.

Особенностью работы воздушного сепаратора является то обстоятельство, что с уменьшением количества пропускаемого материала получается менее тонкий помол.

Это как будто парадоксальное явление вполне объяснимо и становится ясным при рассмотрении сущности сепарации. При работе вентилятора вхолостую подается определенный объем воздуха. Этот объем уменьшается в случае подачи материала, ибо удельный вес запыленного воздуха возрастает. Уменьшение объема вызывает уменьшение скорости циркуляции

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

воздуха, а следовательно увеличивает число крупных оседающих частиц и относительное количество более мелких частиц, выпадающих в пыль, подаваемую в готовый продукт, т. е. пыль становится тоньше и содержит меньше зерен крупной фракции.

Когда воздушный сепаратор соединен с мельницей, дающей из барабана помол тем тоньший, чем меньше производительность, то увеличивающаяся тонкость помола материала, выходящего из мельницы, уравновешивается уменьшающейся тонкостью помола, получаемой в сепараторе. В зависимости от этого при уменьшении производительности тонкость помола либо более или менее быстро снижается, либо остается приблизительно постоянной.

Недооценка особенностей сепарации и перенесение законов помола в мельницах без сепарации на мельницы с сепарацией нередко приводит к необъяснимым на первый взгляд явлениям, когда с уменьшением производительности мельницы помол ухудшается, что можно иллюстрировать практически двумя следующими примерами.

Первый случай имел место на Таузском заводе при помоле сухой смеси известняка и лёсса, когда с уменьшением производительности мельницы Гарт-мюле (O_8) на 30—35% помол ухудшился с 8 до 18% на сите 4900 *отв/см²*.

Второе анологичное явление имело место на Подольском заводе, где сепаратор Гарт-мюле был не нагружен (1,8—2,5 *т/час* против 4—5 *т/час* угля), причем помол был исключительно плохой (до 35—40% остатка на сите 4900). Единственное рациональное решение вопроса состоит в том, чтобы правильно нагрузить мельницу и сепаратор, определив работу мельницы по многократному снятию диаграммы помола, а работу сепаратора — по многократному снятию диаграмм сепарации.

Данные, характеризующие работу мельниц, приведены в табл. 93—97.

Таблица 93

Данные для однокамерных шаровых мельниц с ситами

Наименование материала	Сито		Диаметр мельницы в метрах							
	№	$\frac{отв}{см^2}$	1,05	1,3	1,6	1,8	1,8	2,0	2,2	2,7
Глина высушенная . .	10	26	1,2	2,0	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	12,0
Глина обожженная . .	30	144	0,6	0,7	1,0	1,1	1,5	1,2	1,3	2,5
Доломит . .	15	36	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,8	2,0
Каолин .	80	1000	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2,2
Кварц . .	60	576	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	1,5
Магнезит . .	70	780	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,9	1,1	2,0
Шамот .	10	16	0,4	0,8	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	5,0
Шамот	20	64	0,3	0,6	1,0	1,3	1,5	2,0	2,5	4,0
Уголь каменный .	60	576	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	1,2
Уголь каменный .	40	256	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,7
Гипсовый камень . . .	60	576	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,5	2,0
Гипсовый камень (обожженный) .	40	256	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,2
Известняк . .	60	576	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,4	1,8
Известь комовая .	40	256	0,3	0,5	0,8	1,3	1,5	2,0	3,0	5,0
Известь комовая . .	25	100	0,6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	6,0	10,0

Примечание. Производительность в *т/час*.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 94

Данные для многокамерных шаровых мельниц

Диаметр барабана *м*	Длина барабана *м*	Производительность в *т/час* при остатке 10% на сите 4900 *отв/см²*					*ЛС*	Вес шаров *т*	Вес мельницы[1] *т*
		сырьевая мука	клинкер вращающейся печи	клинкер шахтной печи	уголь	шламм (сухой)			
1,4	9	5,0	3,0	4,2	2,9	5,0	180	17	67
1,6	10	8,5	5,5	7,5	4,5	8,5	200	19	72
1,8	11	12,0	7,8	10,5	6,5	12,0	260	24	80
2,0	12	17,0	11,5	15,0	9,5	17,0	400	30	104
2,2	13	23,0	15,0	20,0	12,5	23,0	650	52	178
2,4	14	32,0	21,0	30,0	17,0	32,0	750	60	220

Таблица 95

Данные для стержневых мельниц

Диаметр барабана *м*	Длина барабана *м*	Производительность *т/час*	*ЛС*	Вес мельницы *т*
0,56	1,5	2— 3	4	3,2
0,66	2,3	4— 5	8	6,4
0,66	2,7	5— 6	10	7,3
0,92	2,3	10—12	20	11,4
0,92	2,7	12—15	25	13,6
1,22	2,4	25—30	35	20,5
1,22	2,7	30—35	40	23,0
1,22	3,0	35—40	45	25,0

Таблица 96

Данные для конических шаровых мельниц (для тонкого помола)

Диаметр барабана *м*	Длина барабана *м*	Производительность *т/час*	*ЛС*	Вес шаров *т*	Вес мельницы *т*
0,9	0,2	0,2—0,3	5	0,2	1,4
1,4	0,4	0,8—1,0	12	1,1	3,1
1,8	0,6	2,0—2,5	25	2,0	4,1
1,8	0,8	2,5—3,0	30	2,2	4,2
1,8	1,2	3,0—3,5	35	2,5	4,5
2,4	0,6	4,0—5,2	50	4,5	6,8
2,4	0,8	5,0—6,3	60	5,0	7,3
2,4	1,2	6,0—7,0	60	5,0	7,8

[1] Включая панцырные плиты и шары.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 97

Данные для шаровых мельниц (системы Эрго с сепаратором)

Диаметр барабана	Длина барабана	Производительность *т/час*	*ЛС*	Вес шаров *т*	Вес мельницы *т*
1,4	3,00	2,0	60	5,5	10,0
1,6	2,65	3,0	85	8,3	14,5
1,6	3,50	4,0	120	11,0	19,2
1,8	4,00	5,5	160	15,0	26,4
1,8	5,00	7,0	200	18,5	32,5
1,8	5,50	8,0	225	20,0	34,6
1,8	6,00	9,0	280	23,0	35,7
2,0	6,00	11,0	320	26,0	44,8

§ 5. Стахановские способы увеличения производительности измельчающих аппаратов и нормы выработки, рекомендованные отраслевыми конференциями

Ниже мы приводим несколько примеров стахановских способов работы, взятых из практики заводов и показывающих, как сравнительно простыми мероприятиями можно значительно улучшить работу мелющих агрегатов.

Приведенные примеры подтверждают необходимость и значение особенно внимательного отношения к следующим вопросам, о которых говорилось в главе об измалывающих аппаратах, а именно: подбор состава мелющих тел, установление оптимального числа оборотов аппарата, размер кусков и влажность материала, подаваемого на размол.

1) На заводе «Красный Керамик» в Боровичах изменением ассортимента шаров и их веса в однокамерной мельнице сист. Крузенгофа (длина 1,45 *м*, диаметр 0,88 *м*) для помола шамота было достигнуто увеличение производительности с 27 *т/смену* до 45 *т/смену*. Изменения загрузки мельницы до рационализации и после приведены в табл. 98.

Таблица 98

Размеры шаров	До рационализации		После рационализации	
	Вес шаров *кг*	Размер кусков шамота *мм*	Вес шаров *кг*	Размер кусков шамота *мм*
125—120	400	300—100	—	60—80
120—100	—		200	
110—100	150		—	
100— 80	—		200	
80— 60	—		350	
Итого .	550		750	

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Характерно отметить, что при загрузке шаров в мельницу свыше 750 *кг* сломался вал; это обстоятельство лишний раз указывает на необходимость тщательного наблюдения за состоянием отдельных деталей агрегатов и внимательно подбирать загрузку шаров.

2) На том же заводе изменением числа оборотов катков и степени влажности шамота, поступающего в бегунную мельницу, было достигнуто значительное повышение производительности последней.

Сравнение работы бегунов до стахановского движения и в результате стахановского движения приведено в табл. 99.

Таблица 99

Наименование	Бегуны (∅ = 1250 *мм*)		Бегуны (∅ = 1100 *мм*)	
	До стахановского движения	В результате стахановского движения	До стахановского движения	В результате стахановского движения
Производительность *т/смену*	30	50	33	53
Число оборотов в минуту . .	19	26	24	29
Влажность шамота . %	более 12	10—12	более 12	10—12
Крупность кусков . *мм*	до 120	40—50	до 100	30—40

3) На Бакинском цементном заводе повышение призводительности двухкамерной мельницы (длина 11 *м*, диаметр 1,85 *м*) системы Полизиуса для помола клинкера было достигнуто изменением нагрузки и ассортимента наполнителей, а также изучением диаграммы помола мельницы по камерам. Эти мероприятия выразились в следующем:

Таблица 100

Размер шаров *мм*	Вес шаров в тоннах	
	До рационализации	После рационализации
90	2,0	2,6
80	1,0	1,0
70	2,5	2,4
60	1,5	2,0
Всего .	7,0	8,0

а) по I камере:

Загрузки первой камеры до и после рационализации были (табл. 100).

б) По II камере:

Изучение диаграммы помола II камеры, при ее загрузке голышом в количестве 8 *т*, показало неудовлетворительную работу наполнителей в ней. В целях улучшения работы наполнителей камеры таковые были заменены цильпебсом (диаметр 22 *мм* и длина 35 *мм*) в количестве 13,5 *т*.

Результаты сравнения работы мельницы до рационализации и после приведены в табл. 101.

4) На цементном заводе «Октябрь» мельник Четвергов, благодаря наблюдениям и вдумчивому отношению к своей работе, изменением количества наполнителей добился увеличения производительности мельницы для клинкера в среднем на 36—37%.

Загрузка мельницы на 36—37%, предложенная т. Четверговым, приведена в табл. 102.

НВ УДУНТ (ДІТ)

Таблица 101

Показатели	До рационализации	После рационализации
Производительность *т/час*	5,2	8,7
Остаток на ситах:		
900 *отв/см²* . %	1,5—2,5	0,1—0,5
4900 „ %	22—25	14—18
		308
Вес загрузки . . . . *т*	15,0	21,5
Потребная мощность (по формуле Бланка) на единицу продукции . kW	36,3	27,6

Таблица 102

№ камер мельницы	Ассортимент наполнителей *мм*		Загрузка наполнителей в тоннах	
			До стахановского движения	В результате стахановского движения
I	Шары .	90	2	2
I	.	80	5	4,5
I	.	70	7	3,5
I	„ .	60	3	3
II	„ .	60	—	5
II	„ .	50	7	5
II	„	40	5	4
II	„ . .	30	3	—
III	Цильпебс . .	—	10	12
IV	.	—	11	9
	Итого .		53	48

Полученное при этом повышение производительности в *т/час* дано в табл. 103.

Таблица 103

Месяцы	Норма	Фактически смолотого	% выполнения
Октябрь .	17,05	21,17	124,1
Ноябрь .	17,05	24,90	146,0
Декабрь . .	17,05	23,80	139,5

Отраслевая конференция цементной промышленности установила способ исчисления норм производительности по выходу смолотого материала заданной тонкости помола с 1 $м^3$ объема мельницы, исчисляемого по кожуху.

Все мельницы разделены на три класса:
1) по помолу клинкера с добавками,
2) по помолу угля,
3) по помолу сырьевых материалов.

НБ УДУНТ (ДІТ)

1а) Для мельниц по помолу клинкера с добавками нормы производительности исчислены из расчета помола клинкера вращательных печей при остатке на сите 4900 *отв/см²* в 10% и приведены в табл. 104.

Таблица 104

Размеры *м*	Объем по кожуху *м³*	Норма *кг/м³час*
Многокамерные		
12×2,2 .	45,5	409
13×2,2 . .	49,5	388
12×2,0	от 28,0 до 37,7	310
(10—11)×(1,8×2,0)		
Роры с коминорами .	—	235
Мельницы с сепараторами . .	—	490

б) При помоле смешанного клинкера, а также при помоле клинкера с добавками нормы производительности исчисляются при помощи следующих поправочных коэфициентов:

клинкер вращательных печей нормальный, вылежавшийся	1,0
клинкер шахтных печей системы Шнейдера и Дитча	1,30—1,40
то же автоматических шахтных печей	1,15—1,20
песок кварцевый	0,60
шлак доменный .	0,50—0,60
трас карадагский	0,50
трепел брянский .	1,35

в) При изменении тонкости помола для исчисления производительности необходимо пользоваться нижеследующими поправочными коэфициентами (остаток на сите 4900):

10%	1,0
5% .	0,74
1—2%	0,52
15%	1,19
20%	1,34

2а) Для мельниц по помолу угля нормы производительности исчислены из расчета помола высушенной смеси донецких углей при остатке на сите 4900 *отв/см²* в 10% и приведены в табл. 105а.

Таблица 105а

Группы мельниц	Объем *м³*	Норма *кг/м³час*
Многокамерные мельницы .	от 12,3 до 16,8	270
Нехарактерные большие мельницы .	от 25,5 до 30,4	249
Роры с коминорами .	—	183

НБ УДУНТ (ДІІТ)

б) При помоле других сортов угля нормы производительности исчисляются при помощи следующих поправочных коэфициентов:

1) смесь донецких углей .	. 1,00
2) подмосковный уголь .	. 0,98
3) штыб .	. 0,82

в) При изменении тонкости помола при исчислении производительности необходимо пользоваться нижеследующими поправочными коэфициентами (остаток на сите 4900):

10%	. 1,00
5% .	. 0,73
1—2%	. 0,49
15% .	. 1,20
20%	. 1,37

За) Для мельниц по помолу сырья нормы производительности исчислены из расчета остатка на сите 4900 *отв/см²* в 10—12%; при помоле сухой смеси нормы производительности исчислены из расчета остаточной влажности в 1—2%, а при помоле шлама — для влажности 38—42% и приведены в табл. 105б.

Таблица 105б

Группа мельниц	Измалываемый материал	Норма *кг/м³час*
Шламовые многокамерные .	Смесь известняка с глиной	542
Многокамерные для сухого помола	Мергель или известняк с глиной	612
Двухкамерные . .	Смесь мела и глины	1470
Роры с коминорами .	Смесь известняка и глины	312

б) При изменении тонкости помола для исчисления производительности необходимо пользоваться нижеследующими поправочными коэфициентами (остаток на сите 4900):

10%	1,00
5% .	. 0,80
1—2%	0,60
15%	. 1,17
20%	1,29

4) Для всех типов мельниц устанавливается норма для перегрузки шаров в количестве 12 суток в год.

Нормы ежедневного простоя на осмотр и на текущий ремонт устанавливаются:

для многокамерных мельниц с центральным приводом и с механизированным сараем для клинкера . .	1 ч. 30 м.
сепараторные мельницы, группа рор с коминорами	2 „ 30 „
старого типа двухкамерные мельницы со шнековой и элеваторной подачей .	2 „ 00 „

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Коэфициенты использования по эксплоатационному времени, кроме капитального ремонта, установлены следующие:

по помолу	клинкера с добавками	0,90
по „	угля	0,88
по „	сырьевых материалов	0,86

В соответствии с принятыми нормами повышение производительности определяется в среднем:

по мельницам для	клинкера	на 18%
по	угля	„ 17%
по „	сырья	„ 23%

против плановых норм 1935 г.

НБ УДУНТ (ДІТ)

ГЛАВА ПЯТАЯ

АППАРАТЫ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ[1]

§ 1. Классификация аппаратов

В современных производственных условиях операциям смешивания материалов отводится крупная роль. И тем не менее наряду с громадным разнообразием всякого рода аппаратов, служащих для смешивания материалов, отсутствует их классификация, а также теоретические обоснования их работы, которые давали бы возможность производить расчеты производительности, определить потребную мощность для двигателей или выбрать из имеющихся различных типов аппаратов такие, которые ближе всего подходили бы для того или иного технологического процесса. Также следует отметить, что и в отношении термина, характеризующего процесс смешивания, нет установившихся выражений, и смешивание иногда называется разминанием, переворачиванием, мятьем и т. д.

Считая необходимым ввести классификацию смешивающих аппаратов, мы позволим себе предложить таковую по следующим признакам:

1) по способу действия: а) периодические, б) непрерывные;
2) по способу перемешивания материала: а) механическое, б) воздушное, в) комбинированное;
3) по физическому состоянию смеси: а) для жидких смесей, б) для сыпучих и вязких;
4) по способу установки: а) стационарные, б) передвижные.

§ 2. Смешивание жидких материалов

1. Механическое смешивание

Лопастная мешалка. К числу наиболее известных простых смешивающих аппаратов относится мешалка, изображенная на рис. 171, представляющая изготовленный из бетона, металла или дерева резервуар *1* с укрепленным в нем вертикальным валом *2*. На вертикальном валу на равном расстоянии укреплены лопасти *3*, служащие для смешивания поступающих в мешалку материалов. Для приведения в движение мешалки служит шестеренный привод *4*.

О работе этих мешалок, несмотря на их распространение в промышленности, в литературе имеется очень мало данных. Основные сведения, которые необходимо иметь для выбора мешалки, дающей однородную смесь,— время перемешивания и потребная мощность двигателя для работы ме-

[1] Н. П. Ваганов. Смешивающие аппараты. Журн. «Огнеупоры» № 9, 1935.

НВ УДУНТ (ДІІТ)

шалки. На рис. 172 даны кривые характеристики, полученной для смешивающего аппарата с лопастями. Опыты были проведены в мешалке диаметром 1,5 *м*, высотой — 1,5 *м*, емкостью в 2300 *л*. Лопасти были изготовлены из бруска 100×100 *мм*. Веществами для перемешивания были вода и крепкий соляной раствор, причем последний наливался в резервуар раньше, чем вода. Однородность материала после смешивания проверялась электропроводностью, которая должна была иметь постоянную величину для всех точек наполненного смесью резервуара. Кривые *1* и *2* выражают зависимость между числом оборотов мешалки и временем, которое понадобилось бы для получения полной однородности материала, кривые *3* и *4* показывают зависимость между числом оборотов мешалки и потребной мощностью, необходимой для привода в движение мешалки.

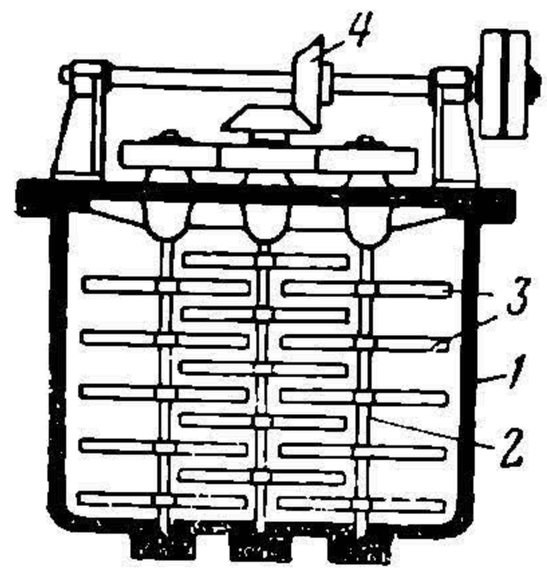


Рис. 171. Лопастная вертикальная мешалка.

Кривые *2* и *4* были получены при дополнительной установке в резервуаре четырех отражательных щитков, размером 25×100 *мм*, на расстоянии в 50 *мм* от стенок резервуара. Кривые *1* и *3* были получены без щитков.

Из результатов этих испытаний нетрудно установить, что с повышением числа оборотов потребная мощность увеличивается, а время, необходимое для смешивания, сокращается только до известных пределов. Точно так же по данным кривых следует, что при определенном числе оборотов мешалки при установке щитков, с одной стороны, сокращается время смешивания, а с другой стороны, значительно увеличивается потребная мощность двигателя. Из сопоставления кривых можно сделать заключение о быстром смешивании, которое можно получить в таком простом аппарате.

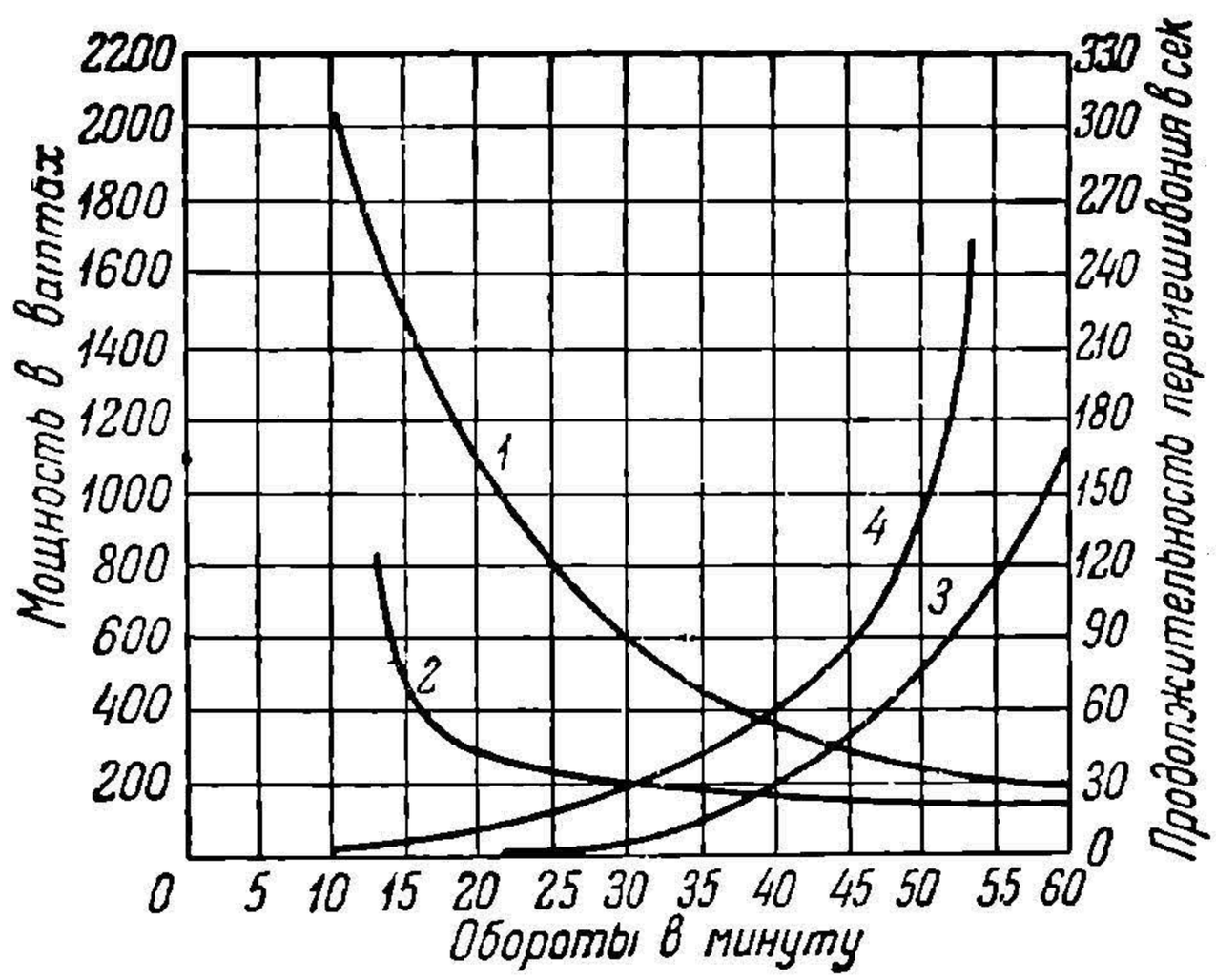


Рис. 172. Кривые характеристики для смешивающего аппарата с лопастями.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Пропеллерная мешалка. Мешалка, оборудованная пропеллером, сходным с винтом, применяемым для движения судов, по способу действия подобна лопастной мешалке.

Пропеллерные мешалки в конструктивном отношении отличаются чрезвычайным разнообразием. На рис. 173 изображена пропеллерная мешалка, состоящая из резервуара *5*, обычно бетонного, в центре которого укреплен вертикальный вал *6*, вдетый в стальную бесшовную трубку *7*. Нижним своим концом вал упирается в подпятник *11*. На небольшом расстоянии от подпятника, на том же валу, на втулке *9*, посажен пропеллер *10*, посредством которого и производится смешивание содержимого резервуара. Для смазки оси пропеллера служит трубка *12*.

В верхней части вал проходит через плиту *4* и соединяется посредством червячной передачи *2* и *3* с электродвигателем (на рисунке указано лишь место *1* для двигателя).

Жидкость, поступающая в мешалку через воронку *13*, подхватывается пропеллером и пропускается через вставленный внутри резервуара цилиндрический кожух *8*, состоящий из отдельных секций, и направляется через выходное отверстие *14* по назначению.

Особенностью работы пропеллерных мешалок является их энергичное засасывающее жидкость действие, в результате которого получается сильное смешивание.

Пропеллерные мешалки отличаются небольшим расходом энергии, коротким сроком, необходимым для смешивания материала, созданием условий для получения однородности смеси. Наибольшие размеры таких мешалок составляют около *5 м* диаметром и около 8 *м* высотою, с установкой двигателя мощностью в 5 *ЛС*.

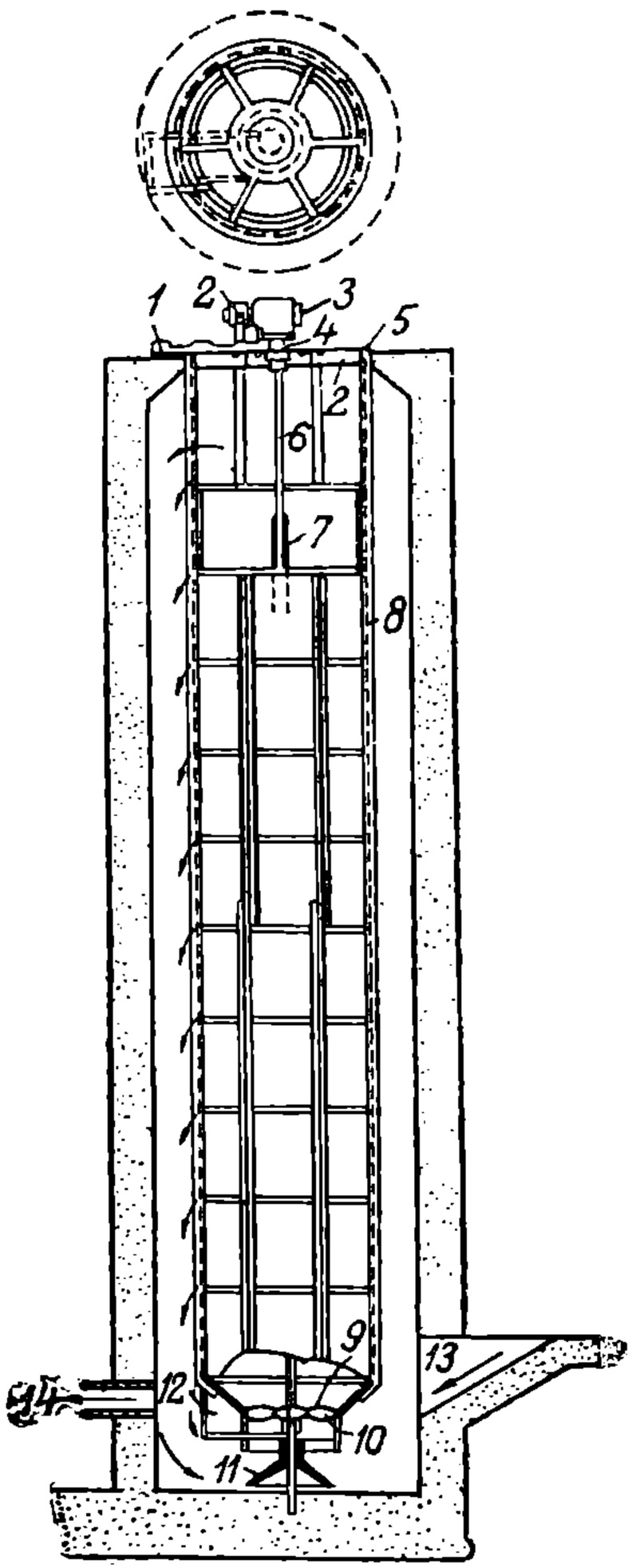


Рис. 173. Пропеллерная мешалка.

2. Воздушное смешивание

Жидкости можно смешивать, также пропуская через них снизу вверх сжатый воздух или другие сжатые газы в виде пузырьков. Но для достижения хороших результатов смешивания необходимо затрачивать большие количества воздуха и равномерно распределять этот воздух.

На рис. 174 изображен резервуар *1*, куда жидкость подается тем или иным способом. Конусообразная нижняя часть резервуара имеет по окружности необходимое количество равномерно распределенных сопел

НБ УДУНТ (ДІІТ)

2, соединенных общим трубопроводом *3* с компрессором. Для спуска жидкости в нижней части кожуха имеется трубопровод *4*.

Резервуар обычно изготовляется металлический и бывает разных размеров. Так, например, при диаметре около 6,5 *м* и высоте 12 *м* полезная емкость такого резервуара составляет около 400 $м^3$ шлама для производства цемента.

Давление воздуха должно быть подсчитано так, чтобы преодолеть сопротивление не только в трубе и в выходном отверстии, но также и сопротивление смешиваемой жидкости.

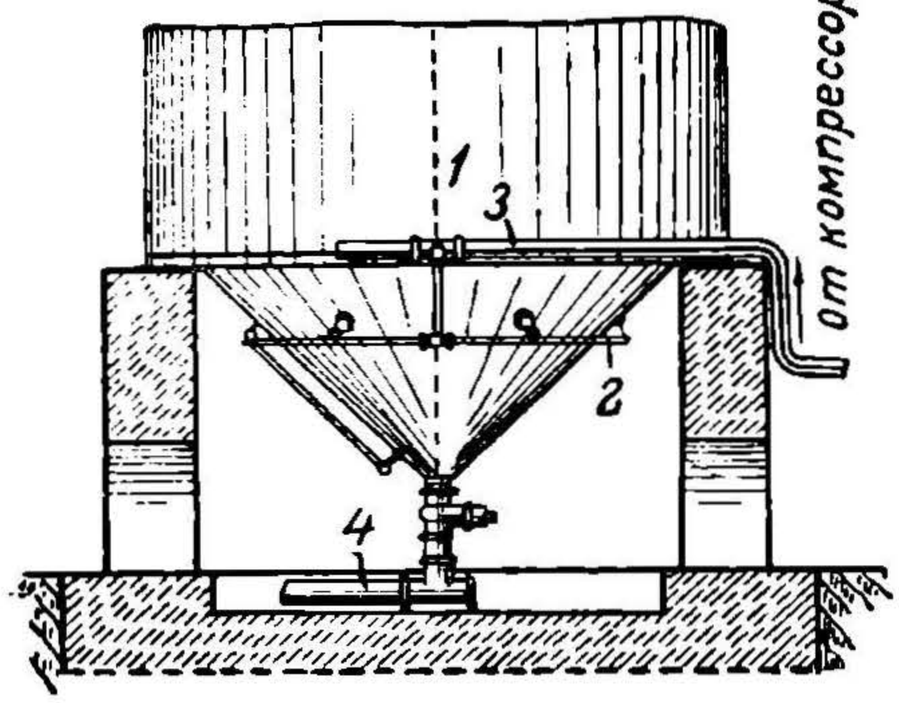


Рис. 174. Мешалка для смешивания материала сжатым воздухом.

Определение давления воздуха, необходимого для преодоления сопротивления смешиваемой жидкости, может быть подсчитано по следующей формуле:

$$P = \delta \quad H,$$

где

P — давление столба жидкости в атмосферах;

δ — удельный вес жидкости;

H — высота столба жидкости в сантиметрах.

Пример. Определить давление воздуха, необходимого для преодоления сопротивления столба жидкости (шлама), если наибольший уровень ее достигает 12 *м* — при удельном весе шлама 1,6.

По формуле

$$P = \delta \cdot H = 1{,}6 \cdot 1200 = 1920 \ г/см^2,$$

т. е. давление воздуха должно быть выше чем 2 *ат*. Расход воздуха, потребного на смешивание жидкости, будет зависеть от величины поверхности жидкости и от продолжительности смешивания.

Обозначив через k количество воздуха в куб. метрах, которое необходимо на 1 $м^2$ поперечного сечения в минуту, можно составить следующую формулу:

$$V = k \cdot F \quad t,$$

где

V — общий объем воздуха в куб. метрах;

F — поверхность сечения резервуара в кв. метрах;

t — время смешивания в минутах.

Подразделив степень интенсивности смешивания жидкости на слабое, среднее и сильное, можно принять следующие значения для k:

при слабом смешивании	. 0,50 $м^3$
„ среднем	0,75 „
„ сильном	. 1,50 „

Пример. Определить количество воздуха, необходимого для среднего смешивания шлама в течение 20 минут при диаметре резервуара — 6,5 *м*.

$$V = k \cdot F \cdot t = 0{,}75 \frac{3{,}14 \cdot (6{,}5)^2}{4} \cdot 20 \approx 600 \ м^3.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

3. Комбинированное смешивание

Для получения лучших результатов при смешивании различных материалов применяются комбинированные аппараты, в которых объединены механическое смешивание лопастями вместе с воздушным смешиванием, благодаря чему операция смешивания происходит в двух плоскостях (в горизонтальной и в вертикальной), чем совершенно исключается возможность нарушения однородности смеси, вследствие ли расслоения отдельных компонентов или по другим причинам.

Рис. 175 изображает мешалку с комбинированным смешиванием. Аппарат состоит из резервуара, обычно бетонного, *1*, оборудованного вертикальным полым валом *2*, который укреплен в подпятнике. На нижней части вала помещена лопасть *3*, с укрепленными на ней трубками *4* и соплами *5*, служащими для подачи воздуха, поступающего из компрессора.

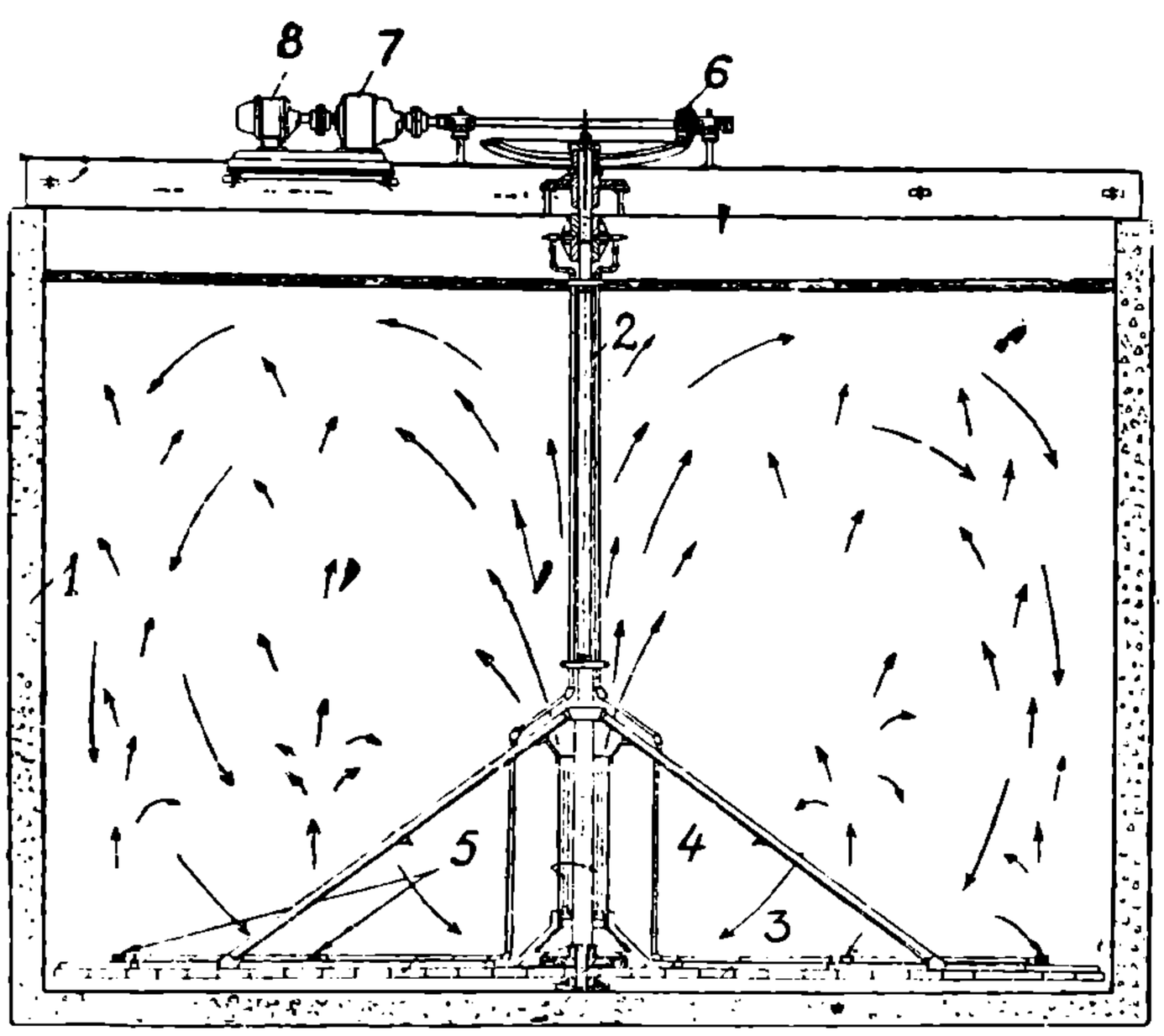


Рис. 175. Мешалка с комбинированным смешиванием материала.

Для привода в движение лопасти служит шестеренная передача *6*, соединенная посредством редуктора *7* с электродвигателем *8*. Вал мешалки вращается медленно, делая от 2 до 6 *об/мин*.

Нужно отметить, что комбинированные смесители не только создают лучшие условия для получения более однородной смеси по составу, но также занимают меньше места в цехе.

В наших отраслях промышленности (огнеупоры, цемент и др.) комбинированному виду смешивания материалов уделяют пока мало внимания, несмотря на его значительные преимущества по сравнению с механическим или воздушным способами.

Данные для аппаратов с комбинированным смешиванием приведены в табл. 106.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 106

Данные для аппаратов с комбинированным смешиванием

Размер в *м*		Емкость в $м^3$	Удельный вес	Число оборотов в минуту	Расход воздуха в $м^3$	Давление воздуха в *ат*	Потребная мощность в *ЛС* для компрессора	Общая потребная мощность в *ЛС*	Примечание
диаметр	высота								
5,4	4,0	92,4	1,6	2,0	0,36	0,87	1,12	—	Слабое смешивание
5,4	4,0	92,4	1,6	2,0	0,62	0,70	1,49	—	Среднее смешивание
5,4	4,0	92,4	1,6	2,0	1,06	1,05	3,76	—	Сильное смешивание
6,0	3,6	105,5	1,6	2,0	0,48	1,22	1,95	5,05	—
10,2	3,6	304,6	1,6	1,5	1,62	1,22	6,55	10,15	Коррекционный бассейн
10,2	6,3	533,4	1,6	1,5	0,57	1,05	2,06	7,66	Запасный бассейн
6,0	7,2	197,8	1,7	2,7	1,34	2,59	7,40	12,02	Коррекционный бассейн
6,0	6,6	175,8	1,5	4,3	0,75	1,57	3,16	5,49	Запасный бассейн
6,0	6,6	175,8	1,5	4,3	0,39	1,40	1,55	3,88	»
6,0	6,6	175,8	1,5	4,3	0,88	1,57	3,70	6,00	» »
7,2	4,0	140,0	1,7	6,5	1,50	1,10	5,00	13,30	Коррекционный бассейн
9,0	5,2	280,0	1,7	4,0	1,60	1,20	6,30	13,20	Коррекционный бассейн

§ 3. Смешивание сыпучих и вязких материалов

Лопастные мешалки. Для смешивания сыпучих или вязких материалов применяются лопастные мешалки, которые бывают горизонтальными и вертикальными. Первые в свою очередь подразделяются на одновальную и двухвальную мешалки.

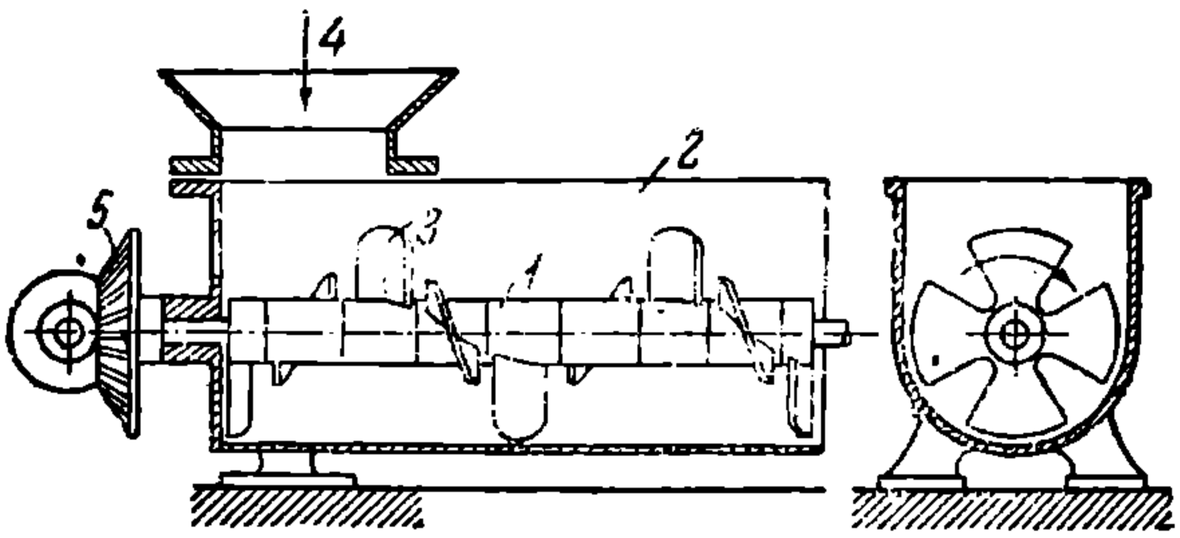


Рис. 176. Лопастная горизонтальная мешалка.

В зависимости от степени влажности материала и его вязкости лопастям мешалок придают ту или иную форму.

Рис. 176 изображает мешалку с одним горизонтальным валом *1*, установленным в корыте *2*. На вал насажены лопасти *3*, которые и производят смешивание поступающих через воронку *4* в корыто материалов. Для того чтобы иметь возможность не только смешивать материал, но также и проталкивать его дальше, лопасти устанавливаются наклонно к оси вала. Для приведения мешалки в движение служит зубчатая передача *5*.

Данные для лопастных мешалок см. в табл. 107.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 107

Данные для лопастных мешалок (шнековый тип)

Производительность *шт/час* (по сырцу)	Число оборотов шнекового вала	Число лопастных ножей	*ЛС*	Вес *т*
3000—5000	23	32	12	3,2
3500—6000	23	40	15	3,7

В случае необходимости более тщательного смешивания материалов и сохранения постоянной степени увлажнения, применяется мешалка периодического действия системы Вернер и Пфлейдерер (Werner и Pfleiderer). Рис. 177 изображает мешалку указанной системы. Мешалка состоит из

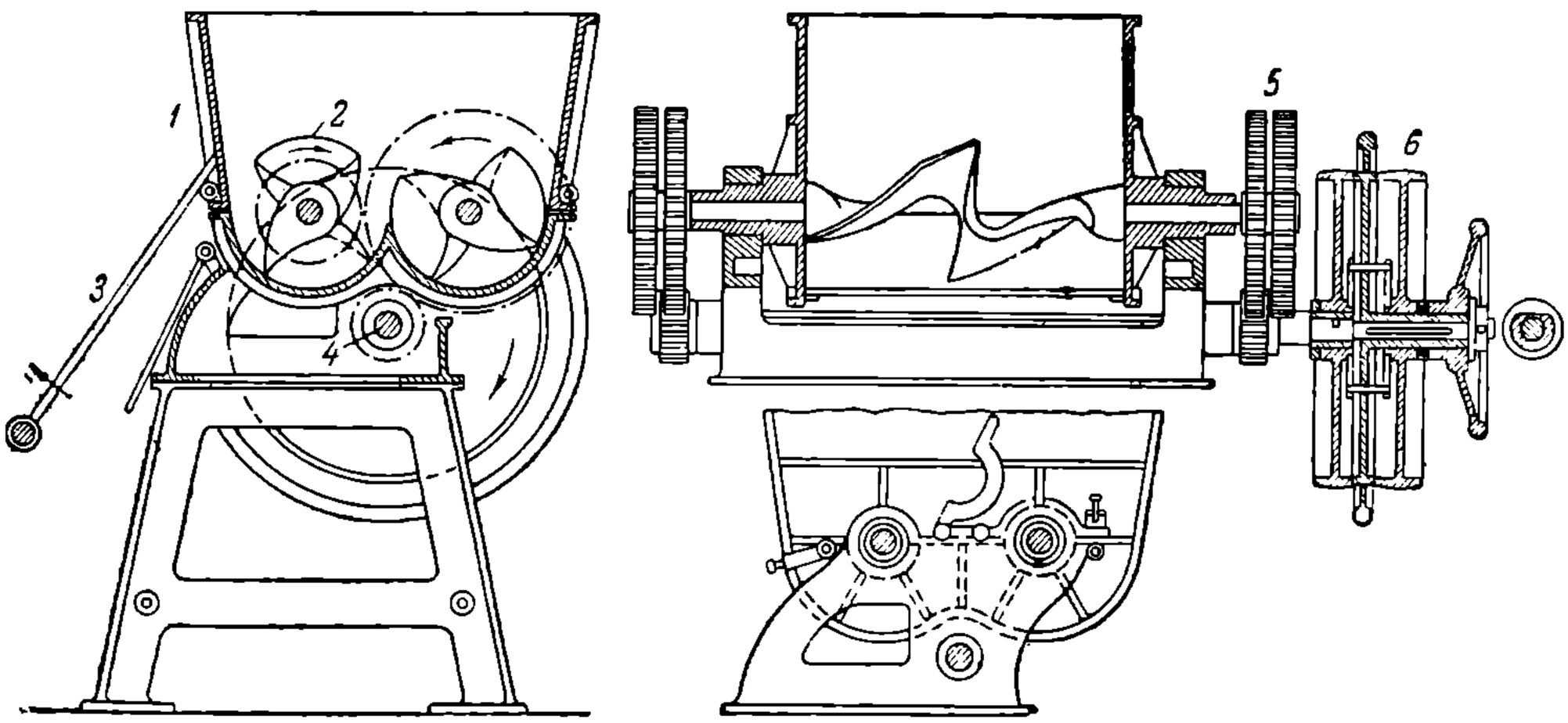


Рис. 177. Мешалка с зигзагообразными лопастями.

корыта *1*, в котором установлены два вала *2*, изогнутых в средней своей части в зигзагообразные лопасти, вращающиеся в противоположные стороны. Загрузка аппарата материалом производится сверху в то время, когда корыто находится в горизонтальном положении. После того как масса достаточно смешана, корыто посредством рычага *3* поворачивается вокруг оси *4*, и масса вываливается из мешалки. Мешалка приводится в движение посредством шестерни *5* и шкивов *6*.

Сухие материалы мешалкой смешиваются в течение 7—10 мин.; в случае же смешивания увлажненных материалов срок смешивания удлиняется до 20—25 мин.

Данные для мешалок системы Вернер и Пфлейдерер см. в табл. 108.

К числу периодически действующих мешалок относится также комбинированная мешалка системы Эйриха (Eirich), совсем недавно установленная у нас на некоторых заводах. В этой мешалке смешивание достигается посредством взаимных движений лопаток и катка со встречным движением самой тарелки.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 108

Данные для мешалок системы Вернер и Пфлейдерер

Емкость в *л*	Продолжительность смешивания в минуту	Влажность в процентах	Число оборотов в минуту	*ЛС*	Вес *т*
600	20	22	22	23	7
1000	22	22	22	30	9

Рис. 178 изображает схематическое устройство мешалки типа Эйриха, состоящей из тарелки *1*, на площади которой вращается вокруг оси *2* другая ось *3* с прикрепленными к ней лопатками *4* и *5* и бегуном *6*. Одновременно с этой системой в том же направлении вращаются также лопатки *7*, *8* и *9*.

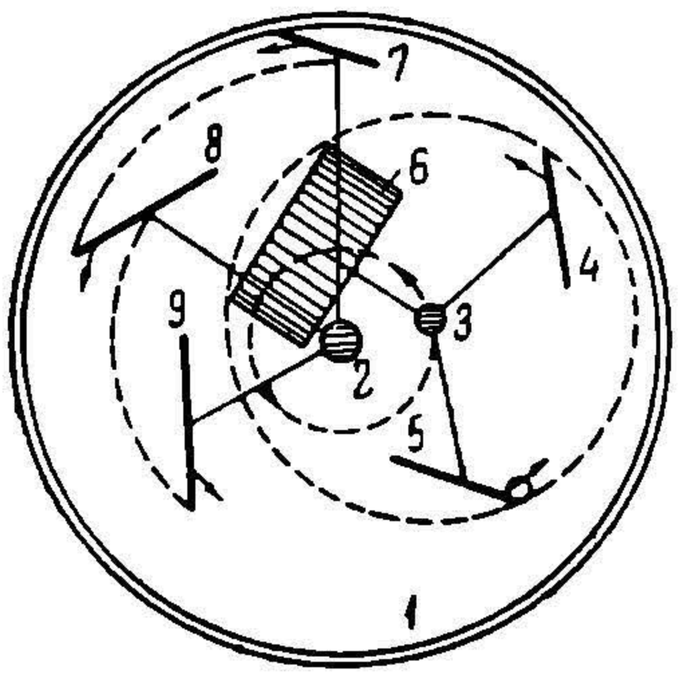


Рис. 178. Схема мешалки типа Эйриха.

Общий вид мешалки показан на рис. 179.

Бегун имеет целью раздавливание комков материала, а лопатками производится энергичное смешивание материала, усиливающееся еще вследствие встречного движения тарелки. Во избежание поломки лопаток, из-за возможности заклинивания между ними твердых кусков материала, лопатки укреплены на шарнирах, позволяющих им обходить препятствия. Загрузка материала в ме-

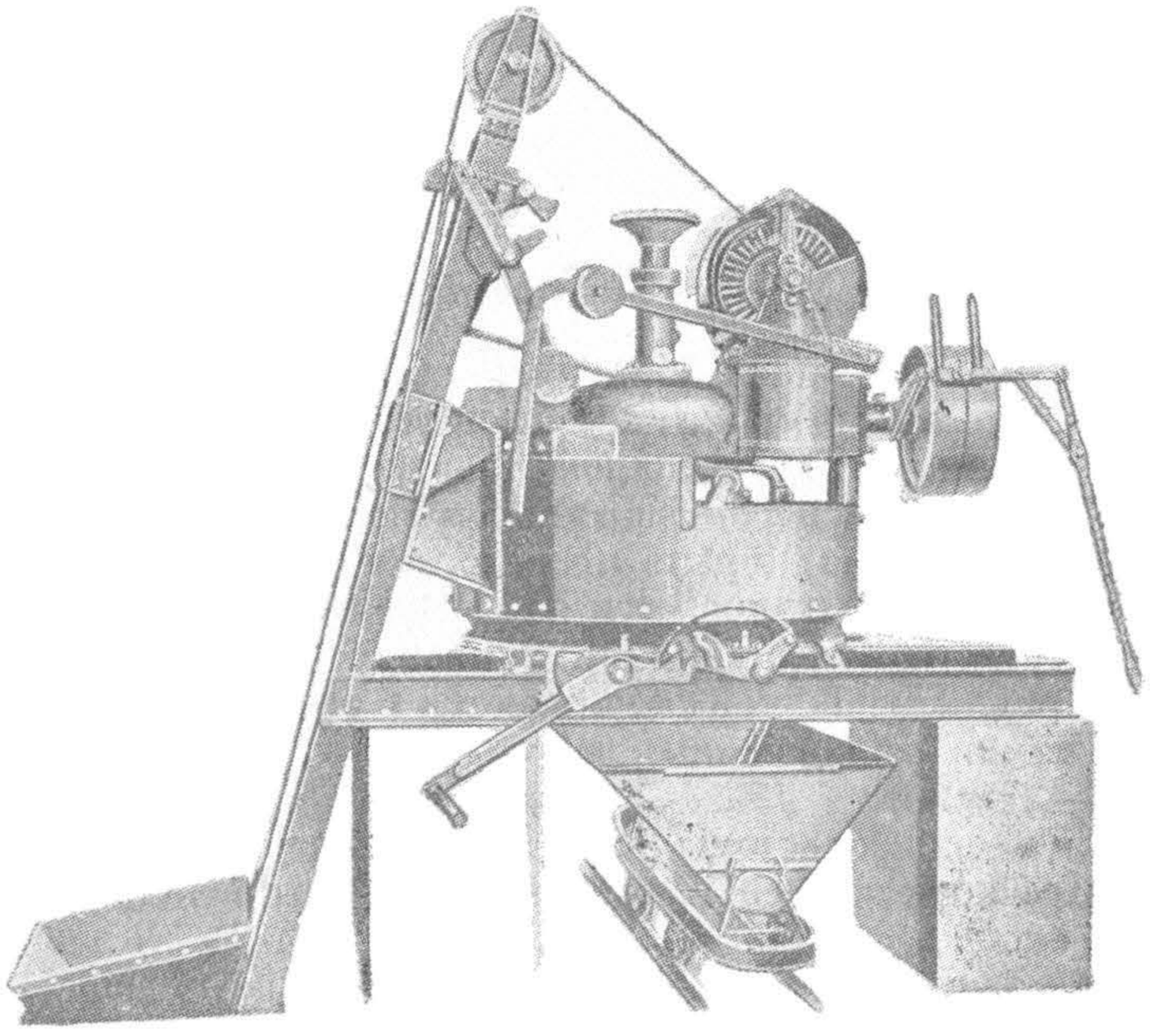


Рис. 179. Общий вид мешалки типа Эйриха.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

шалку производится сверху, а разгрузка происходит посредством клапана, установленного снизу в дне тарелки; при этом быстрой разгрузке материала способствует движение лопаток, которые не останавливаются на время выгрузки.

Данные для мешалки типа Эйриха см. в табл. 109.

Таблица 109

Данные для мешалки типа Эйриха

Диаметр тарелки *мм*	Емкость мешалки *л*	Производительность *м³/час*	*ЛС*	Вес *т*
1160	150	6— 7	4—5	2,2
1500	250	10—12	6—8	3,1

Барабанные мешалки. Кроме описанных мешалок, в которых материал подвергается механическому воздействию лопастей, скребков и др., в промышленности часто применяются мешалки с использованием силы тяжести самого материала. Обычно такие мешалки имеют форму барабана, цилиндрическую или в виде усеченного конуса, который приводится во вращательное движение.

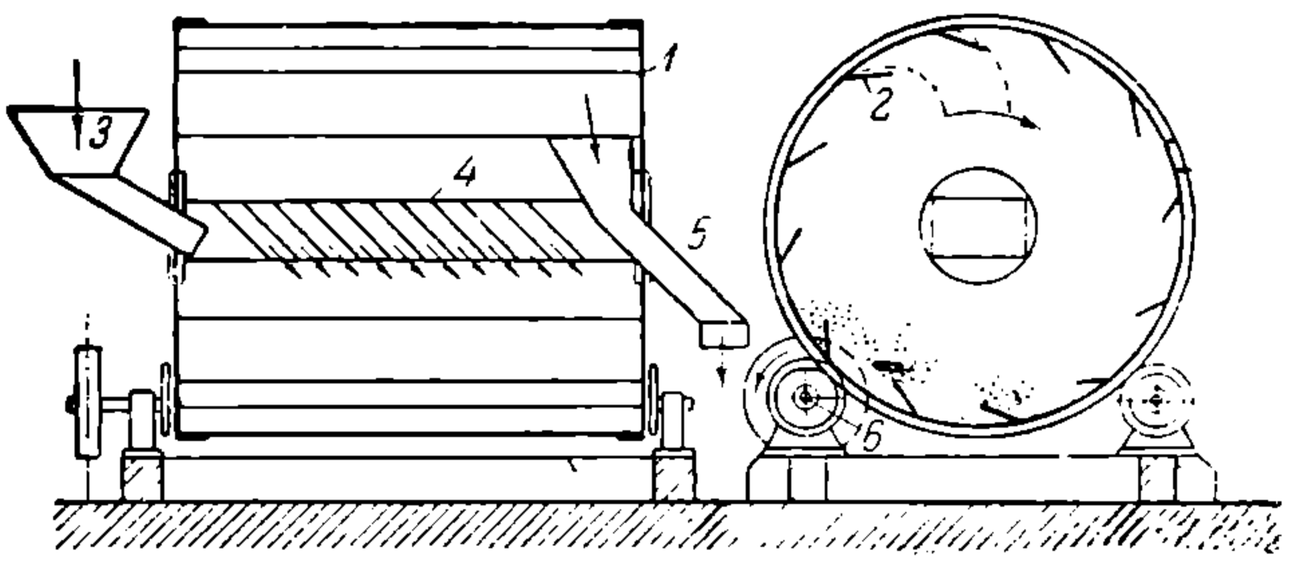


Рис. 180. Барабанная мешалка.

Смешивание происходит в них следующим образом: частицы сыпучего материала, заполняющего часть барабана, при вращении его поднимаются на определенную высоту вследствие возникающего трения между стенкой барабана и частицами материала, а затем падают под действием силы тяжести. Для лучшего смешивания материала внутри барабана устанавливаются лопатки. Скорость вращения барабана при этом не должна превышать известных пределов, так как в противном случае частицы под действием центробежной силы будут прижаты к стенкам барабана, и никакого смешивания в барабане происходить не будет.

На рис. 180 изображен смешивающий аппарат барабанного типа. Аппарат состоит из барабана *1*, внутри которого укреплены лопатки *2*. Материал поступает через воронку *3* и, подхваченный лопатками, бросается ими в укрепленную внутри решетку *4*. С противоположной стороны от входа материала укреплена другая воронка *5*, которая принимает смешанный материал и выводит его из барабана.

Барабан установлен на роликах *6*, которыми и приводится в движение. При диаметре барабана около *2 м* и длине около 2,5 *м*, емкость его составляет около 3 *т*, при скорости вращения барабана 6—7 *об/мин*. Потребная мощность двигателя 8—10 *ЛС*.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

За последнее время при смешивании некоторых материалов (например бетонная масса) применяют вакуум-мешалки, для чего последние оборудуются герметически закрывающимися крышками. Применение вакуума значительно улучшает качество смеси, что в свою очередь сказывается на улучшении изделий.

§ 4. Расчетные данные

Для определения производительности смешивающего аппарата необходимо установить способ действия аппарата — периодический или непрерывный, а для непрерывно-действующих — определить тип мешалки — шнековый, барабанный и др.

Подсчет производительности мешалок периодического действия производится по формуле:

$$V = i \quad \beta \quad \psi \quad m_2.$$

Пример 1. Определить производительность мешалки в 1 *м*³/*час* для бетона, если ее емкость 0,25 *м*³, коэфициент выхода материала 0,6; коэфициент заполнения 0,7 и число замесов в час 3.

$$V = 0{,}25 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}7 \cdot 3 = 0{,}32 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Подсчет производительности мешалки непрерывного действия шнекового типа производится по формуле:

$$V = 60 \cdot F \; s \cdot n \quad \psi.$$

Пример 2. Определить производительность мешалки в 1 *м*³/*час*, если площадь поперечного сечения шнека 0,09 *м*², шаг шнека 0,25 *м*, число оборотов шнека в минуту 12, коэфициент заполнения 0,6.

$$V = 60 \cdot 0{,}09 \cdot 0{,}25 \quad 12 \cdot 0{,}6 = 9{,}7 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Определение производительности мешалки непрерывного действия бегунного типа производится по формуле:

$$V = 3600 \quad F \quad v.$$

Пример 3. Определить производительность мешалки в 1 *м*³/*час*, если площадь поперечного сечения материала 0,04, скорость выхода материала 0,3 *м*/*сек*.

$$V = 3600 \quad 0{,}04 \quad 0{,}3 = 43{,}20 \text{ м}^3/\text{час}.$$

§ 5. Стахановские способы увеличения производительности смешивающих аппаратов

Установленные на Пантелеймоновском динасовом заводе смесительные бегуны, размером катков 1600×400 *мм*, диаметром тарелки 3150 *мм*, отличались тем, что расстановка скребков и устройство мерника были осуществлены по схеме, принятой фирмой, причем скребки прижимались к тарелке силой собственного веса. Постепенным усовершенствованием отдельных деталей, рациональным расположением скребков и мерника для известкового молока, уменьшением оборотов тарелки, исполненных по предложениям стахановцев завода, была значительно увеличена производительность бегунов.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Рационализаторские мероприятия были следующие:

1. Скребки подвешены на держателях с сохранением зазора между скребком и тарелкой 3—5 *мм*, что уменьшило износ брони тарелки и скребка и увеличило срок службы скребков вместо 3—5 суток—20—30 суток.

2. Мерник для известкового молока расположен так, что постепенно вытекающее из него известковое молоко поливает проходящую под ним на тарелке смесь по всему радиусу тарелки и в результате равномерно увлажняет эту смесь.

При расположении мерника по способу, предложенному фирмой, увлажнение массы и распределение извести происходили неравномерно: в центре тарелки масса оставалась сухой, а по периферии увлажнялась с избытком.

3. Число оборотов тарелки было снижено с 21,6 до 17,6 *об/мин* в целях предупреждения возможности выбрасывания массы из тарелки под действием центробежной силы. Уменьшение оборотов тарелки позволило увеличить вес замеса.

В результате этих мероприятий был увеличен вес замеса с 500 до 1000 *кг*, а также и производительность бегунов с 17,5 до 27 *т* в смену (при 7-часовой работе).

Качество массы улучшилось за счет удлинения срока смешивания массы до 15 мин. и за счет уничтожения кусков плотно спрессованной массы (коржей), вызывавших брак при окончательном прессовании.

Кроме того, увеличение замеса позволило снизить количество обслуживающего персонала до одного рабочего (вместо двух), так как при пуске бегунов 27 замесов в смену по 1 *т* одному рабочему приходится выбросить на двух бегунах 54 замеса, чего он не успел бы сделать при работе на двух бегунах при весе замеса в 500 *кг*, так как ему нужно было бы выбросить около 75 замесов в смену.

На Постышевском динасовом заводе на смесительных бегунах увеличен вес замеса с 500 до 750 *кг* при увеличении времени перемешивания с 10 до 13 мин., что увеличило производительность бегунов на 15 %.

НБ
УДУНТ
(ДІТ)

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ФОРМОВОЧНЫЕ АППАРАТЫ [1]

§ 1. Классификация и способы формовки материалов

Современные аппараты, применяемые для формования изделий, отличаются чрезвычайным разнообразием своих конструкций, что в значительной мере затрудняет классификацию этих аппаратов по тому или иному признаку.

Отсутствие единого основания для классификации в результате приводит к тому, что при описании, например, прессов для глиняного сырца прессы, выпускающие глину в виде непрерывной ленты, называются по форме выпускаемого материала — ленточными, а прессы, изготовляющие тот же сырец в виде отдельных кирпичей или блоков, называется ящичными — уже по форме, в которой изготовляется сырец. Точно так же винтовой пресс, работающий от механического привода, часто называется фрикционным, что является признаком, характеризующим способ передачи движения прессу, а не самый пресс, и т. д.

Нужно сказать, что подобные неправильные характеристики аппаратов присущи нашей технической литературе и иностранной. Так, например, в известном германском труде: «Handbuch der Ziegel-Fabrikation, K. Dümmler und D-r Ing. Loeser» винтовой фрикционный пресс назван по способу привода в движение штемпеля винтовым, а рядом описываемый пресс, действующий на штемпель помощью эксцентрика, назван револьверным, очевидно, по форме подвижного барабана, служащего для укладки на него форм для материала, подлежащего прессованию. В целях установления какого-либо определенного метода характеристики формовочных аппаратов нами предлагается следующий проект классификации, основанный на различии способов уплотнения массы, которого мы придерживались при изложении курса «Основные процессы и аппараты» в Ленинградском химико-технологическом институте и в учебном комбинате промкооперации им. т. Молотова (см. табл. 110).

Формовочные аппараты применяются, главным образом, при крупных производствах. Назначение этих аппаратов — уплотнить массу, что способствует лучшему соприкосновению между собою отдельных частиц, а также придать заранее заготовленной сырьевой массе установленную форму.

Основными условиями для получения доброкачественных изделий при формовании являются тщательное смешивание материалов, увлажнение и равномерное распределение влаги и удаление воздуха из массы.

---

[1] Н. П. Ваганов, Формовочные аппараты. «Огнеупоры» № 1, 1936.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 110

Формование					Приблизительное давление *кг/см²*	Приблизительная влажность в %		Форма выпускаемого материала	Наименование материалов, для которых применяется формование
		Характеристика формовочных аппаратов / Способ уплотнения массы				Мокрый способ	Полусухой способ		
Принудительное уплотнение массы	Прессованием	Лопастями			—	18—26	—	ленточная —	глиняный кирпич
		Шнеком			—	18—26	—	ленточная трубная	глиняный кирпич шамотовые изделия
		Вальцами			—	18—26	—	ленточная трубная	глиняный кирпич шамотовые изделия
		Штемпелем	Свободно падающим	Ударные	50—150	10—14	6—10	— блочная	шамотовые изделия цемент
			Принудительно движущимся	Винтовые	50—150	10—14	6—10	— блочная	шамотовые изделия черепица
				С коленчатым валом	50—150	10—16	6—10	ленточная блочная	шамотовые изделия цемент
				Эксцентриковые	150—250	10—16	6—10	— блочная	шамотовые изделия черепица
				Рычажные	150—250	10—20	6—10	— блочная	глиняный кирпич силикатный „
				Электромагнитные	150—200	—	6—10	— блочная	шамотовые изделия динасовые „
				Поршневые	30—70 до 1000	—	6—10	— блочная	магнезитовые изделия цемент
		Вальцами с лентой			—	50—60	—	ленточная —	асбоцемент
	Трамбованием	Пневматическим Механическим Электромагнитным			—	—	6—8	— блочная	шамотовые изделия
Свободное уплотнение массы		Литьем			—	20—30	—	блочная	шамотовые изделия
	Центроб. силой	Со свободным вращением формы С принудительным вращением формы			1—3	20—30	—	блочная	шамотовые изделия бетонные изделия
	Вибрацией	Механической Электромагнитной			1—2	20—30	—	блочная	бетонные изделия шамотовые изделия

НБ УДУНТ (ДІІТ)

В современных производствах промышленности строительных материалов применяются весьма различные способы уплотнения и формования массы, причем в основном существуют два способа уплотнения массы:

1) принудительное уплотнение,

2) свободное уплотнение.

В первом случае уплотнение массы производят прессованием или трамбованием.

Во втором случае применяются: способ литья, центробежный и вибрационный способы.

§ 2. Принудительное уплотнение массы

А. ПРЕССОВАНИЕ

К числу наиболее употребительных способов уплотнения массы относится прессование, или сжатие массы на аппаратах, носящих общее название прессов. Различают два основных способа прессования массы: мокрый и полусухой, причем первый в случае обработки глин носит название пластического.

Прессование массы по мокрому способу, по сравнению с полусухим способом, когда в массе находится 6—10% влаги, требует большего количества влаги, а также большего расхода топлива на сушку материалов. Прессование осуществляется на прессах различной конструкции, к характеристике которых и перейдем.

1. Лопастной пресс

Этот тип пресса впервые был выпущен в 1855 г. К. Шликейзеном (K. Schlikeisen) для переработки пластичных глин. В нем представляется возможность вести одновременно нужную обработку глины, ее перемешивание и получение надлежащего качества глиняной ленты для резки последней на сырцы. На рис. 181 изображен лопастной пресс, состоящий из кожуха *1*, на котором в его верхней части укреплен вертикальный вал *2*, упирающийся внизу в подшипник, установленный на раме *3*. На валу помещаются лопасти *4*, расположенные по винтовой линии. Над верхней лопастью помещается скребок, а под нижней на известном расстоянии укреплен на валу неподвижно сплошной диск. Между последней лопастью и диском устроено выпускное отверстие, которое снабжается мундштуком, служащим для формования глиняной ленты при выходе ее из пресса.

Прессы эти разделяются на одно- и двухмундштучные.

Как видно из рисунка, пресс чрезвычайно прост по своему устройству и на многих мелких производствах довольно распространен.

Наибольшей известностью в кирпичной промышленности пользуются прессы, изготовляемые в Воронеже, Пскове и в Рыбинске и различающиеся между собой лишь в конструктивных деталях. Для работы пресса необходима предварительная замочка глины в течение 12—24 час.

Производительность пресса при нормальных условиях зависит от скорости движения глиняной ленты, а последняя в свою очередь зависит от числа оборотов вертикального вала и от степени наполнения пресса глиной.

Приведем интересный случай из практики одного из ленинградских заводов, оборудованного четырьмя псковскими вертикальными прессами. По истечении определенного промежутка времени, в течение которого про-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

изводились неоднократные ремонты прессов, было установлено, что прессы выпускают различное количество сырца несмотря на одинаковые размеры. При проверке во время работы прессов оказалось, что все четыре пресса имеют различное число оборотов вала, а следовательно и разную скорость движения ленты; в результате же было получено и разное количество продукции с аппаратов. Кроме того на изменение скорости движения ленты влияет степень наполнения пресса массой.

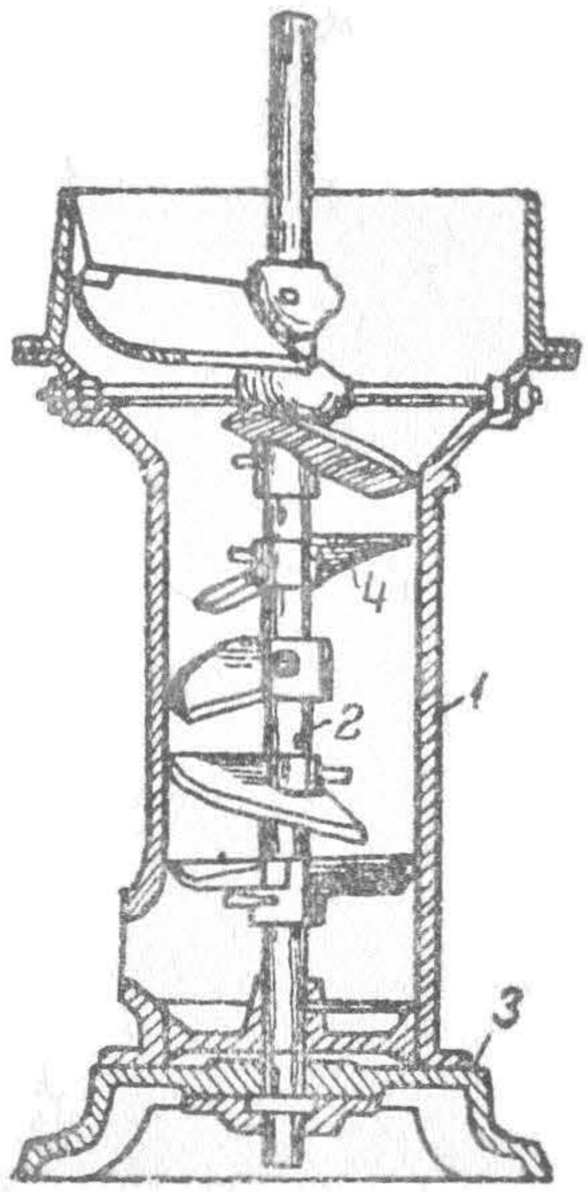


Рис. 181. Лопастной пресс.

На том же заводе был обнаружен и устранен конструктивный недостаток расположения приводных шестерен. Так, например, на рис. 182, *а* показано первоначальное устройство шестеренного привода для пресса. При этом положении привода наблюдались довольно частые поломки зубьев шестерни, происходившие вследствие нажима глины (при надлежащем заполнении пресса) на лопасти вала, передававшего давление на конические шестерни *2*, в результате чего нарушалось правильное зацепление между шестернями. При расположении привода, как показано на рис. 182, *б*, явления поломок прекратились, так как при нажатии вертикального вала на большую цилиндрическую шестерню она лишь скользила по поверхности малой шестерни *2*, не оказывая никакого вреда на привод.

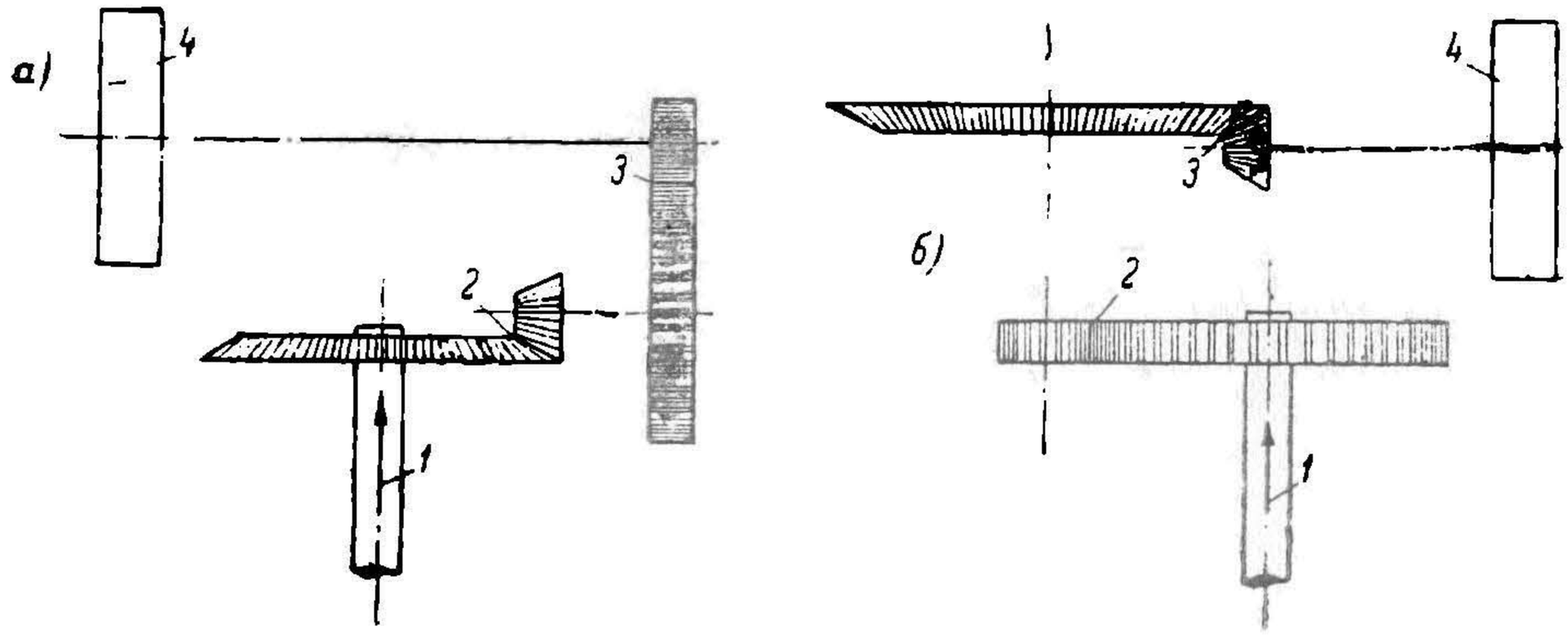


Рис. 182. Схема устройства привода:
а) неправильного; *б*) правильного.

2. Шнековый пресс (для сырца)

На рис. 183 представлено схематическое устройство горизонтального шнекового пресса. Глина подается в приемную воронку *1*, продавливается парою коротких гладких вальцов *2* в цилиндрическую часть корпуса *4* пресса, в которой установлен шнек *3*. Последним глина проталкивается в суживающуюся часть цилиндра — головку *5* и выходит из мундштука *6*

НБ УДУНТ (ДІТ)

в виде сплошной ленты, поступающей дальше на резательный аппарат *7*, снабженный ножами *8*.

Из сказанного следует, что к основным деталям шнекового пресса относятся корпус, головка, мундштук и шнек.

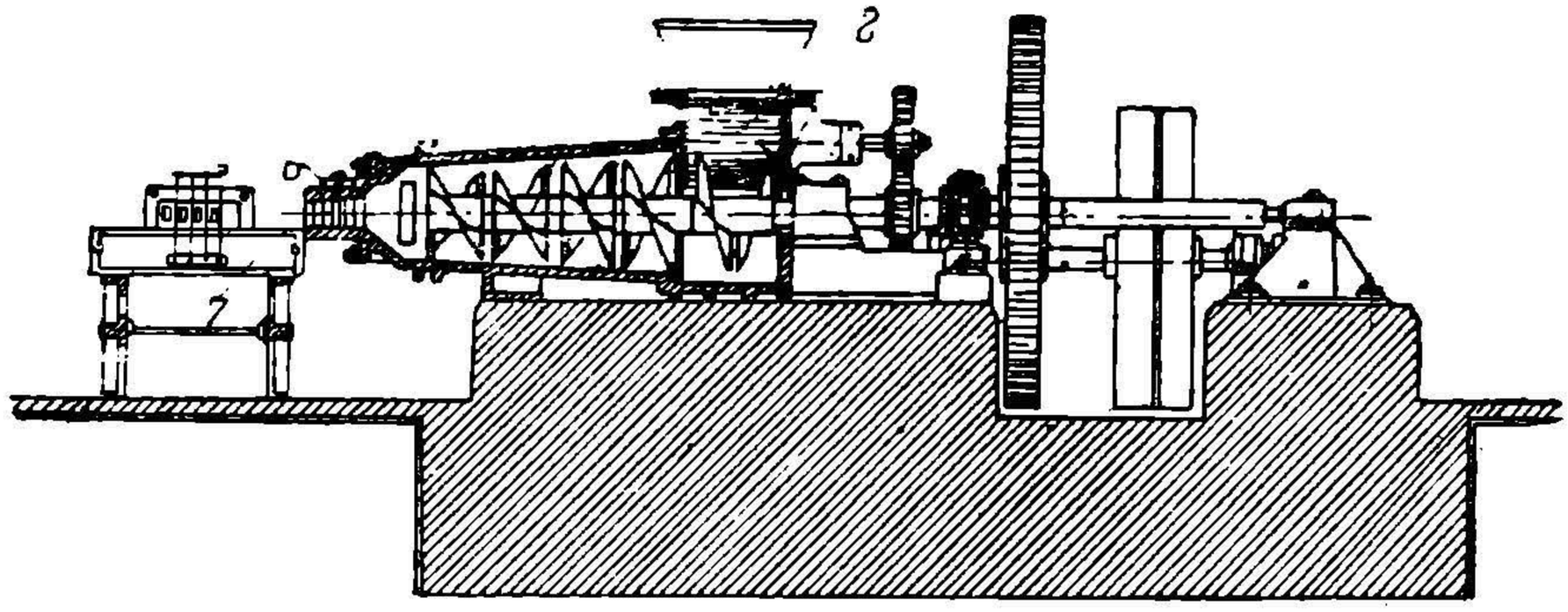


Рис. 183. Шнековый пресс (для сырца).

Корпус пресса. Форма корпуса бывает трех видов: цилиндрическая (рис. 184, *а*), коническая (рис. 184, *б*) и ступенчатая (рис. 184, *в*), и каждая из них имеет свои достоинства и недостатки. Преимущество конической формы перед цилиндрической — это лучшее прессование массы, но так как в современных прессах устанавливаются мундштуки конической формы, то форма самого корпуса уже первостепенного значения не имеет. Зато при конической форме корпуса возникает излишнее трение между корпусом и материалом, которое часто бывает причиной нагревания аппарата, а также увеличивает расход энергии. Рис. 184, *б* изображает распределение усилий в корпусе пресса при цилиндрической и конической форме. Третий тип — ступенчатой формы--корпуса перед двумя описанными имеет следующее преимущество: ступенчатая форма препятствует обратному движению массы между зазорами шнека и стенкой корпуса.

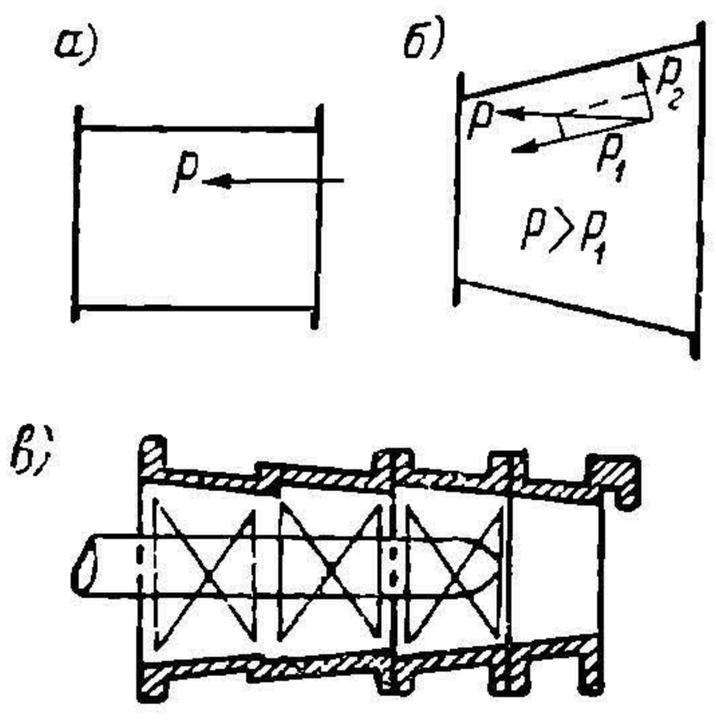


Рис. 184. Формы головки пресса: *а* — цилиндрическая; *б* — коническая; *в* — ступенчатая.

Головка пресса. Назначение головки пресса — выравнивание глиняной ленты, которая из кольцеобразной формы, образовавшейся при вращении шнека, должна будет превратиться в прямоугольную, соответствующую форме выходного отверстия мундштука.

Различают типы головок, выпускающих ленту горизонтально и вертикально. Последний тип распространен на заводах, перерабатывающих так называемые «жидкие» глины. На ленинградских заводах шнековый пресс с вертикальным направлением ленты известен под прессом системы Полякова. В настоящее время этот тип пресса, по предложению т. Ценке, уста-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

новлен на вагон и как передвижной применяется на многих ленинградских заводах (см. рис. 185).

Мундштук. Назначение мундштука — надлежащее уплотнение и придание известных очертаний глиняной ленте, выходящей из пресса. В конструктивном отношении мундштуки можно разделить на два типа: без устройства каналов для увлажнения материала и с устройством этих каналов. В том и другом случае выбор типа мундштука зависит от качества подлежащего формованию материала.

Получение удовлетворительных результатов формовки материала на обыкновенном мундштуке находится в зависимости от следующих обстоятельств: 1) степени уклона выходных поверхностей, 2) длины их, 3) очертаний внутренних стенок, 4) формы углов, 5) неподвижных и подвижных частей, 6) материала, из которого сделан мундштук.

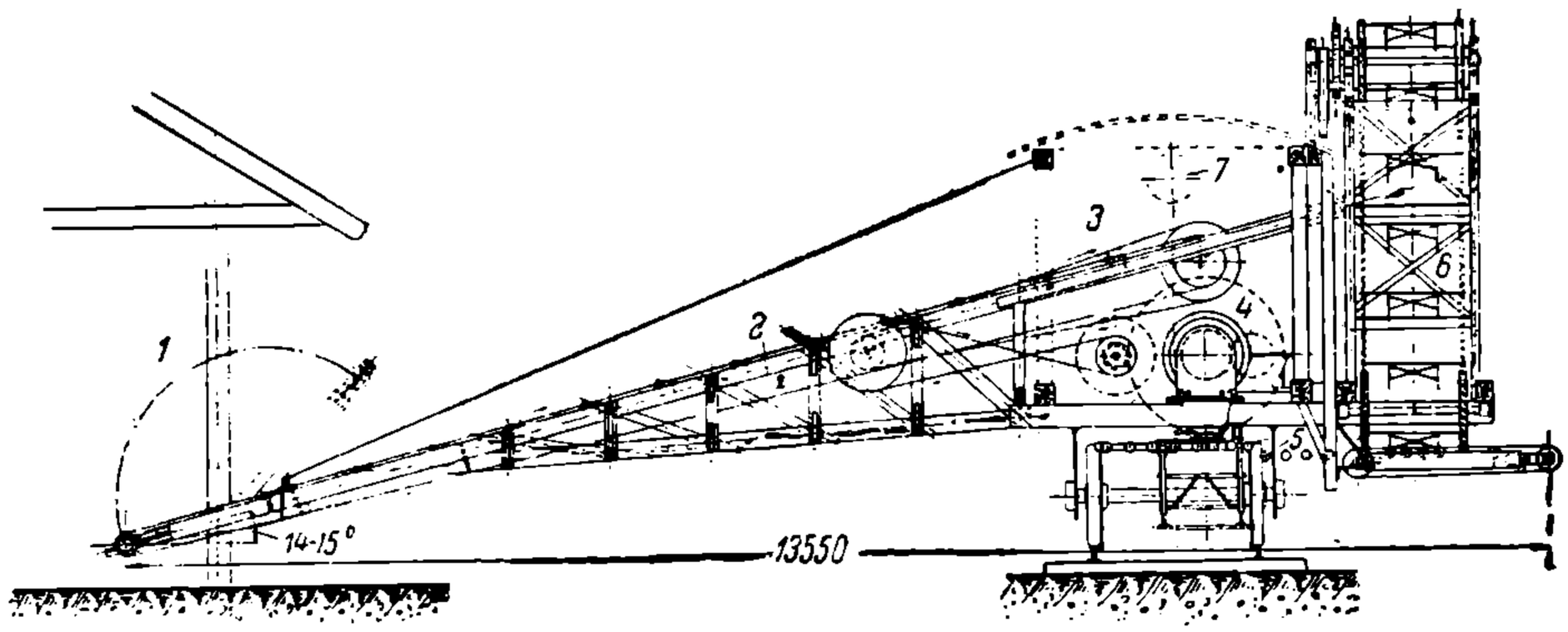


Рис. 185. Передвижной шпековый пресс.

Шнек. Назначение шнека — перемещение массы в известном направлении. Это показывает, что назначение горизонтального шнекового пресса — передвижение массы; попытка придать шнековому прессу характер аппарата, одновременно передвигающего и перерабатывающего массу, заранее обречена на неудачу.

Конструкция шнеков и их устройство были разобраны нами в главе транспортных установок, и применяющиеся шнеки для прессов отличаются от транспортных лишь некоторыми конструктивными особенностями.

Кроме описанного стационарного шнекового пресса, за последнее время на кирпичных заводах Ленинградской области большое распространение получил передвижной шнековый пресс.

Рис. 185 изображает прессовое устройство, состоящее из пресса *4*, ленточного транспортера для глины *2*, платформы-вагона *3*, на которой установлен пресс, транспортера для сырца *5*, бака для воды *7* и проводов соединенных с электродвигателем. Загрузка глины на ленту производится со склада *1*. Для разгрузки и передачи сырца в склады служит палочный транспортер *6*. И наконец, для передвижения пресса предусмотрена лебедка *4*. Во время работы все устройство передвигается вдоль расположенных складов для глины и для сушки сырца. На существующих прессах транспортер *6* в настоящее время снят.

Резательный аппарат. Необходимой частью шнекового пресса является резательный аппарат, назначение которого делить глиняную ленту

НВ УДУНТ (ДІІТ)

на отдельные блоки одинаковой длины или ширины. Изготовляются два типа резательных аппаратов, а именно: роликовый и ленточный. Первый тип имеет горизонтальную плоскость, состоящую из роликов, которые служат первоначальной опорой для ленты, выходящей из мундштука пресса. Резка глиняной ленты производится помощью дуги, на которой укреплена резательная проволока.

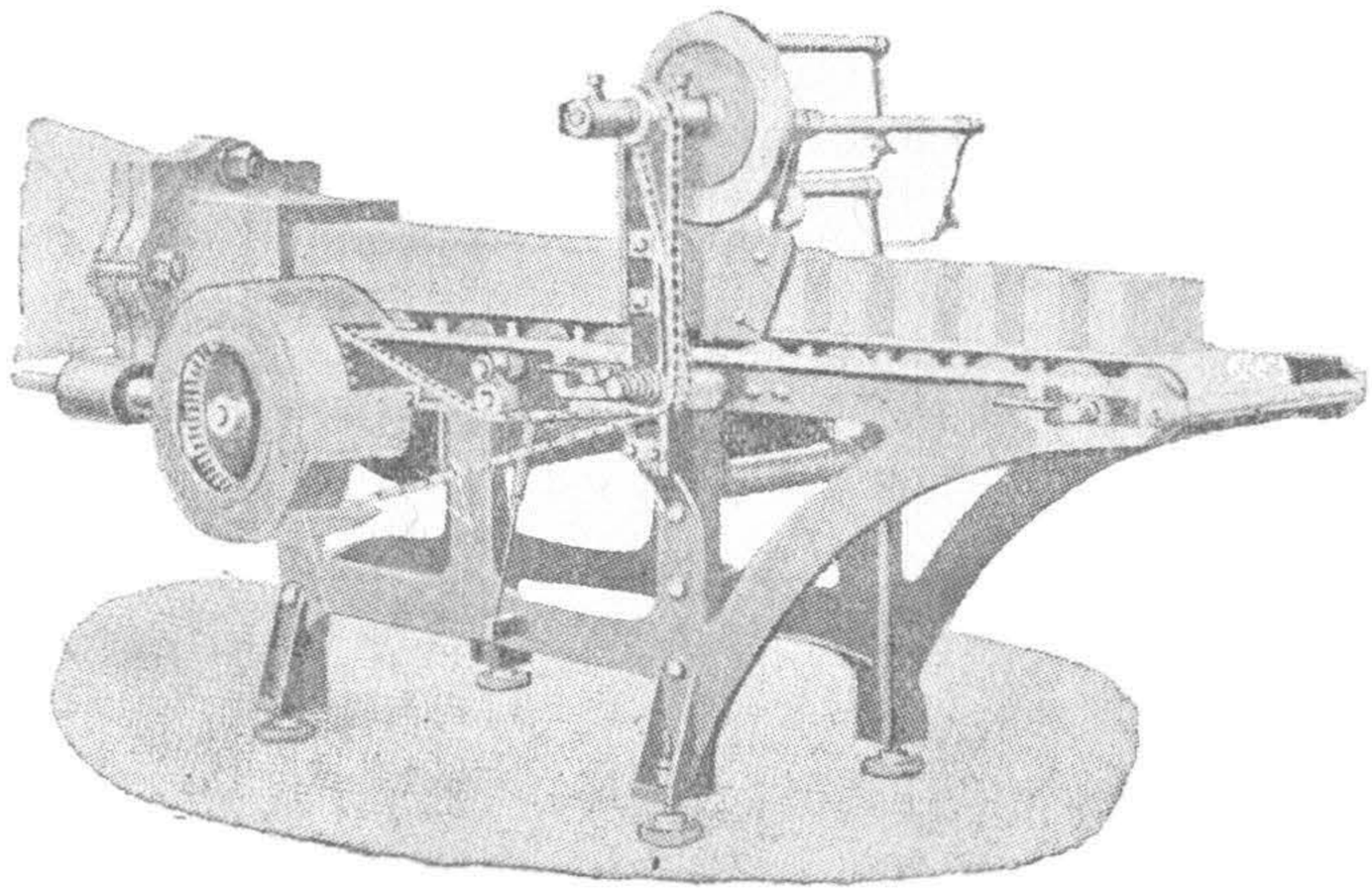


Рис. 186. Резательный аппарат.

На рис. 186 показан роликовый резательный аппарат. Второй тип имеет вместо роликов резиновую ленту, непрерывно двигающуюся со скоростью, равной скорости движения глиняной массы.

3. Шнековый пресс (для труб)

Изображенный на рис. 187 в разрезе шнековый пресс для формования труб (канализационных) состоит из следующих основных частей: корпуса пресса *5*, приводного устройства *4*, рамы *6* и стола для приемки сформованных труб *8*.

Стол уравновешен системой контргрузов, обеспечивающей равномерное опускание и подъем стола.

Механизм для формовки труб заключается в следующем: основная клепаная рама *1* несет на себе клепаную же станину *2*, служащую опорой как для главного вала *3*, так и для приводного механизма.

Последний состоит из наглухо посаженной большой конической шестерни, приводимой в движение от сопряженной с ней конической малой шестерни и приводного шкива от трансмиссии. Холостой и рабочий шкивы, а также малая шестеренка насажены на горизонтальный вал, опорные подшипники которого покоятся непосредственно на клепаной станине.

На нижнем конце шнекового вала насажены отдельные втулки с перьями, к которым прикреплены сменные накладки, образующие сплошную винтовую поверхность для передвижения массы, поступающей в пресс.

Пресс состоит из верхней приемной чаши, прессового конуса, собранного из четырех звеньев (ступеней), и нижнего колокола с мундштуком. Нижний фланец приемника лежит на основной клепаной раме *1* и соединен с ней болтами.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Внутри колокола устанавливается сердечник, величина которого меняется в зависимости от размеров выпускаемых труб.

К мундштуку подводится столик *8*, который закрепляется в верхнем своем положении неподвижно при помощи двух колец на крючках *7*. Для отрезки труб служит приспособление *10*. Стол ходит на направляющих *9*, которые несут также механизм для запора стола в верхнем его положении. Стол имеет длинный шток *11*, с траверсой *12*. Траверса ходит по направляющей и несет две цепи с контргрузами *13*, перекинутыми через ролики *14*, уравновешивающими вес всего механизма.

На одном валу с роликами насажены улитки с добавочным контргрузом и тормозное приспособление.

Описанная конструкция пресса применяется для выпуска труб средних диаметров от 250 до 600 *мм*.

Пресс для мелких диаметров от 75 до 300 *мм* имеет облегченный, односторонний механизм для передвижения стола.

Пресс же для крупных диаметров от 400 до 800 *мм* более тяжелой конструкции, которая в основном заключается в следующем: рама трубного пресса не клепаная, а литая; при наличии больших сопротивлений при движении трубной массы количество оборотов вертикального вала уменьшено, почему введена добавочная зубчатая передача; на одном валу с приводным шкивом имеется коническая шестеренка, сопряженная с другой конической шестерней, посаженной на вертикальном валу.

На верхнем конце этого вала укреплена цилиндрическая шестеренка, передающая движение большой зубчатке, сидящей на валу пресса.

Прессы выпускают трубы следующих внутренних диаметров (в миллиметрах):

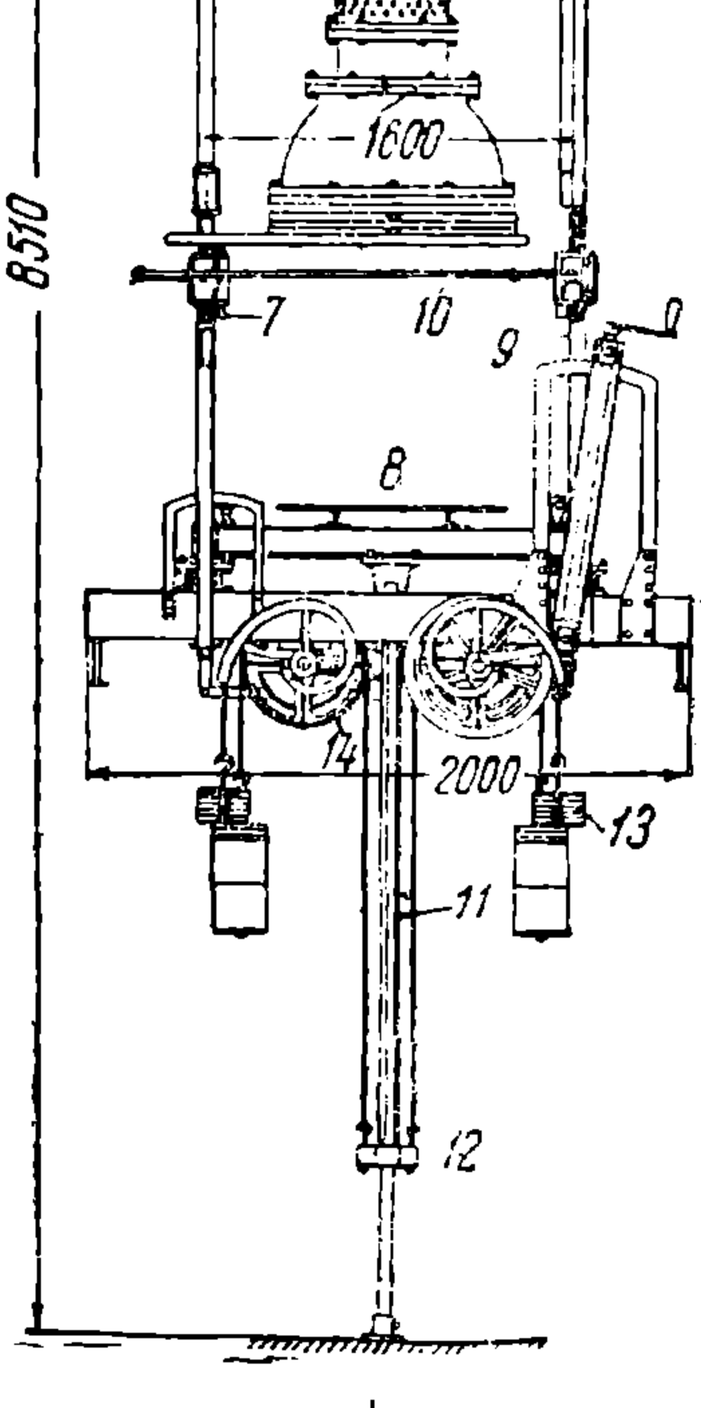


Рис. 187. Шнековый пресс (для труб).

малый . .	75,	100,	150,	200,	250,	300,		
средний .	250,	300,	350,	400,	450,	500,	550,	600
большой . .	400,	450,	500,	550,	600,	650,	700,	800

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Работа пресса идет следующим образом: масса, поступившая в приемную воронку, движением шнекового вала передвигается вниз к мундштуку и, уплотнившись под значительным давлением, выдавливается через мундштук со вставленным внутри сердечником. В зависимости от диаметра выпускаемых труб меняется как мундштук, так и сердечник.

Изготовляемые Союзстромстроймашиной прессы имеют так называемую «ступенчатую» конструкцию прессового конуса, каковая уменьшает сопротивление массы, не допуская обратного движения ее через зазоры между накладками и стенкой конуса, обеспечивает более равномерное проминание массы при переходе из узкого сечения одной ступени в более широкое следующей, при одновременном разрыхлении вставленными ножами, а также гарантирует от запрессования воздуха.

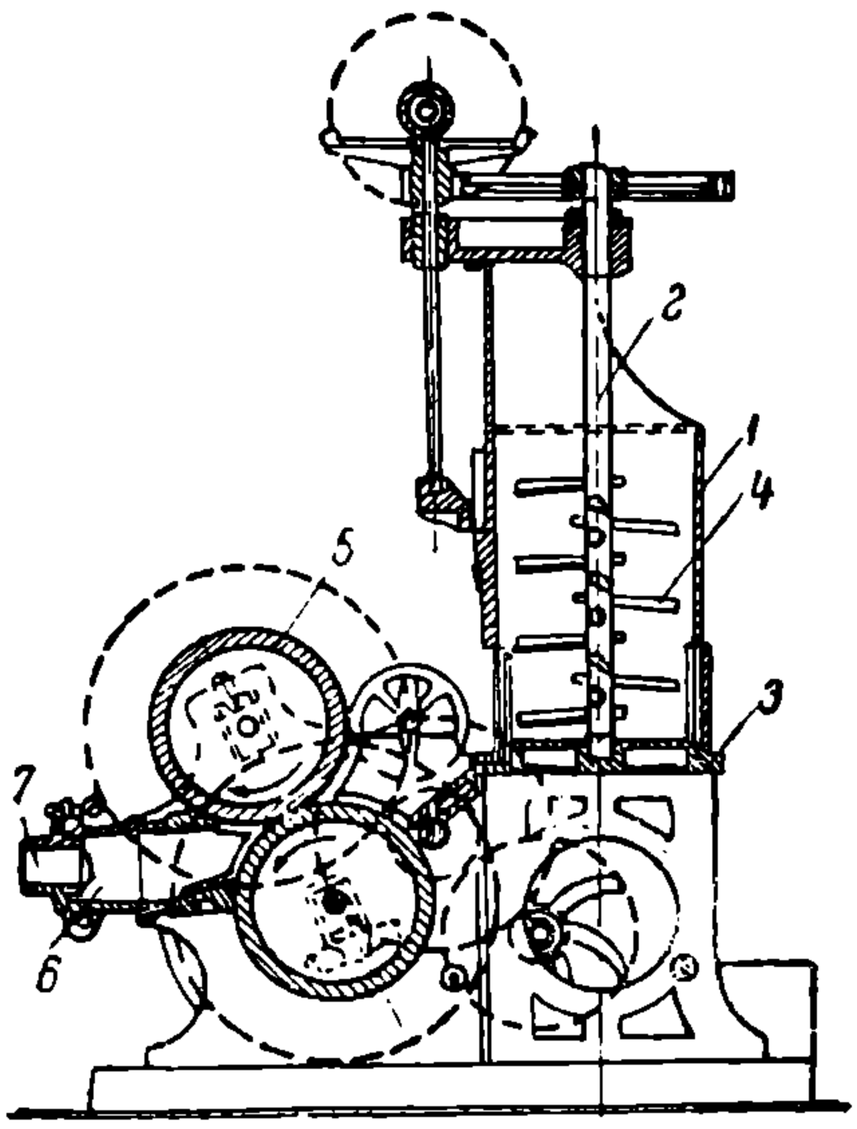


Рис. 188. Вальцовый пресс.

На внутренних стенках прессового конуса закреплены стальные сменные брони для предохранения самого тела конуса от износа.

Труба выпускается раструбом вниз, и для того чтобы отформовать последний (раструб), стол с укрепленным на нем шаблоном удерживается у мундштука запором. После того как сформован раструб, стол освобождается от крючков запора и движется вниз по направляющим под весом массы сформованной трубы, выходящей из мундштука пресса.

Как только будет достигнута необходимая длина трубы, рама приемника освобождается тормозным рычагом, и дужка со струнной отрезает трубу.

В этот момент привод выключается, затем труба снимается, столик под влиянием контргруза поднимается к мундштуку, и операция снова повторяется.

К каждому типу пресса прилагается соответствующий набор колец для мундштука, согласно ОСТ, сердечники, изготовленные из дуба или березы, мундштуки и березовые шаблоны для получения раструба.

4. Вальцовый пресс

Вальцовый пресс представляет собою аппарат, в котором выдавливание материала через мундштук производится помощью вальцов.

На рис. 188 изображен вальцовый пресс, состоящий из рамы *3*, на которой установлен кожух *1*. Внутри пресса помещается вал *2* с насаженными на нем лопастями *4*. Сбоку пресса помещаются вальцы *5* и головка *6* пресса, оканчивающаяся мундштуком *7*.

В этом прессе поступающий через отверстие материал направляется на два валика одинаковых размеров и вращающихся в разные стороны с одинаковой скоростью; этими вальцами материал проталкивается в головку пресса, из которой под действием вновь поступающей массы выходит

НБ УДУНТ (ДІІТ)

«лентой» через мундштук. Для нормальной работы пресса с вальцами необходима хорошая предварительная проработка материала и освобождение его от всяких включений. Эти прессы рекомендуются к применению, например, при жирных глинах, в которых не попадаются включения.

5. Ударный пресс

К ударным прессам относятся аппараты со свободным падением штемпеля. На рис. 189 изображен такой пресс.

Действие этих прессов основано на падении весьма тяжелого молота *1*, весом от 400 до 800 *кг*, поднимаемого последовательно двумя или тремя кулаками *2* обыкновенно разной длины, укрепленными на горизонтальном валу *3*, и таким образом, при каждом обороте вала штемпель делает два

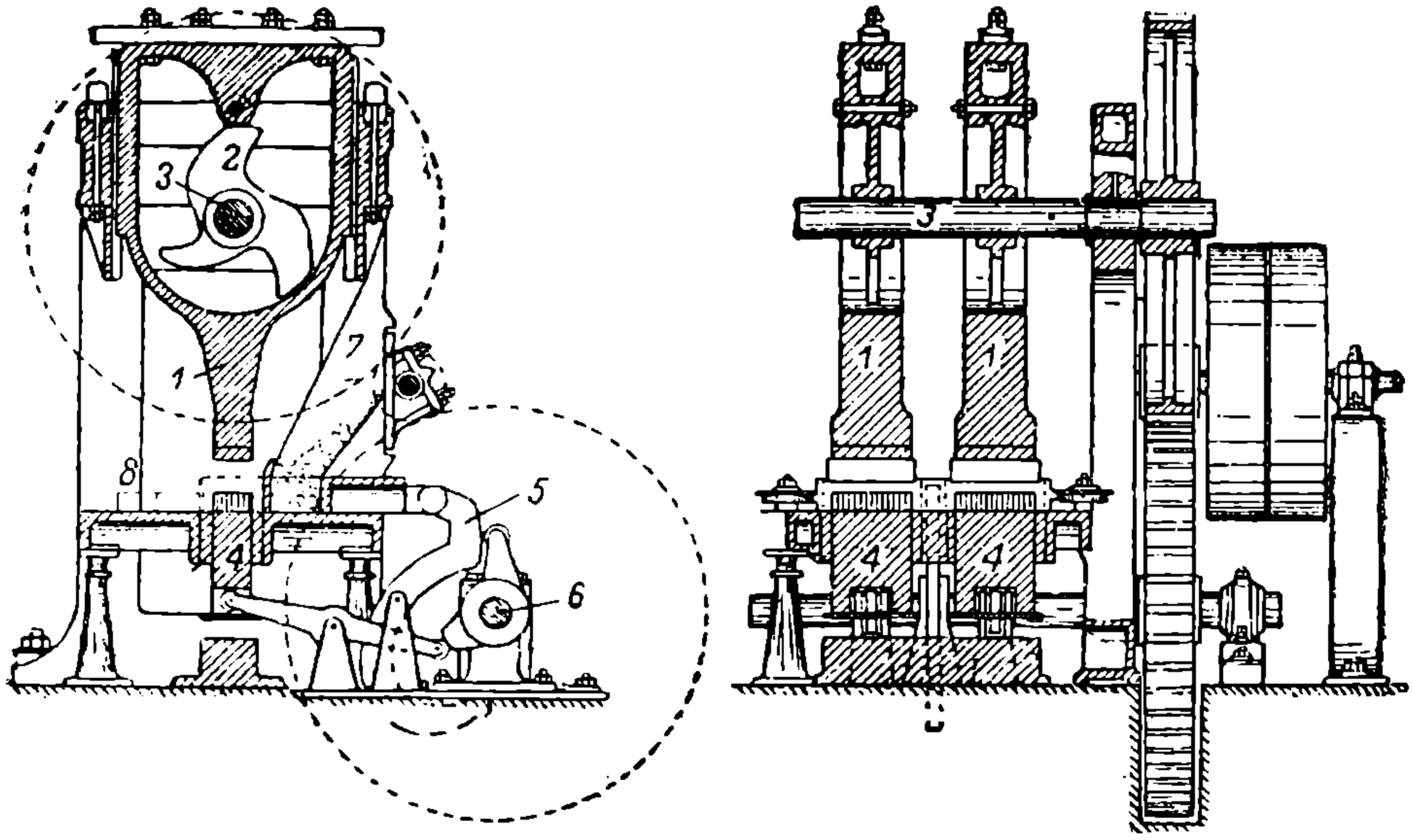


Рис. 189. Ударный пресс.

или три удара разной силы по содержимому формы, причем в некоторых случаях после первого удара, осадившего материал в форме, в нее всыпается дополнительная порция материала. Кроме того, с первым ударом из материала удаляется часть воздуха, в нем содержащегося.

Вал с укрепленными на нем кулаками устанавливается на станине пресса.

Для выталкивания сырца из формы служит подвижная донная плита *4*, которая поднимает сырец настолько, что его нижняя поверхность выступит несколько выше поверхности стола *8*. Продвигающаяся наполненная материалом рамка протолкнет сформованный сырец вперед с таким расчетом, что он выйдет из зоны действия штемпеля. Продвижение формы производится посредством рычага *5*, соединенного с эксцентриком, укрепленным на другом (нижнем) валу *6*.

Во избежание прилипания материала (например глины) к нижней стороне штемпеля последний подогревается паром или электричеством до 80—90° С.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Наполнение формы материалом производится из бункера через воронку 7. Выталкивание сырца производится на стол.

Ударные прессы (типа «Дорстен») соединяются по 2—4 аппарата с общим валом и приводом.

Материал, поступающий в прессовые коробки, должен содержать от 6 до 8% влаги.

К недостаткам пресса относится неодинаковая степень плотности спрессованного сырца по его толщине, что происходит вследствие одностороннего прессования массы верхним штемпелем.

6. Винтовой пресс

Винтовые прессы по расположению винта бывают вертикальные и горизонтальные, а по способу привода разделяются на ручные и механические. Из механических способов передачи движения винту наибольшей известностью пользуется фрикционная передача. Так как принцип работы прессов с вертикальным или горизонтальным винтом одинаков, остановимся на первом типе.

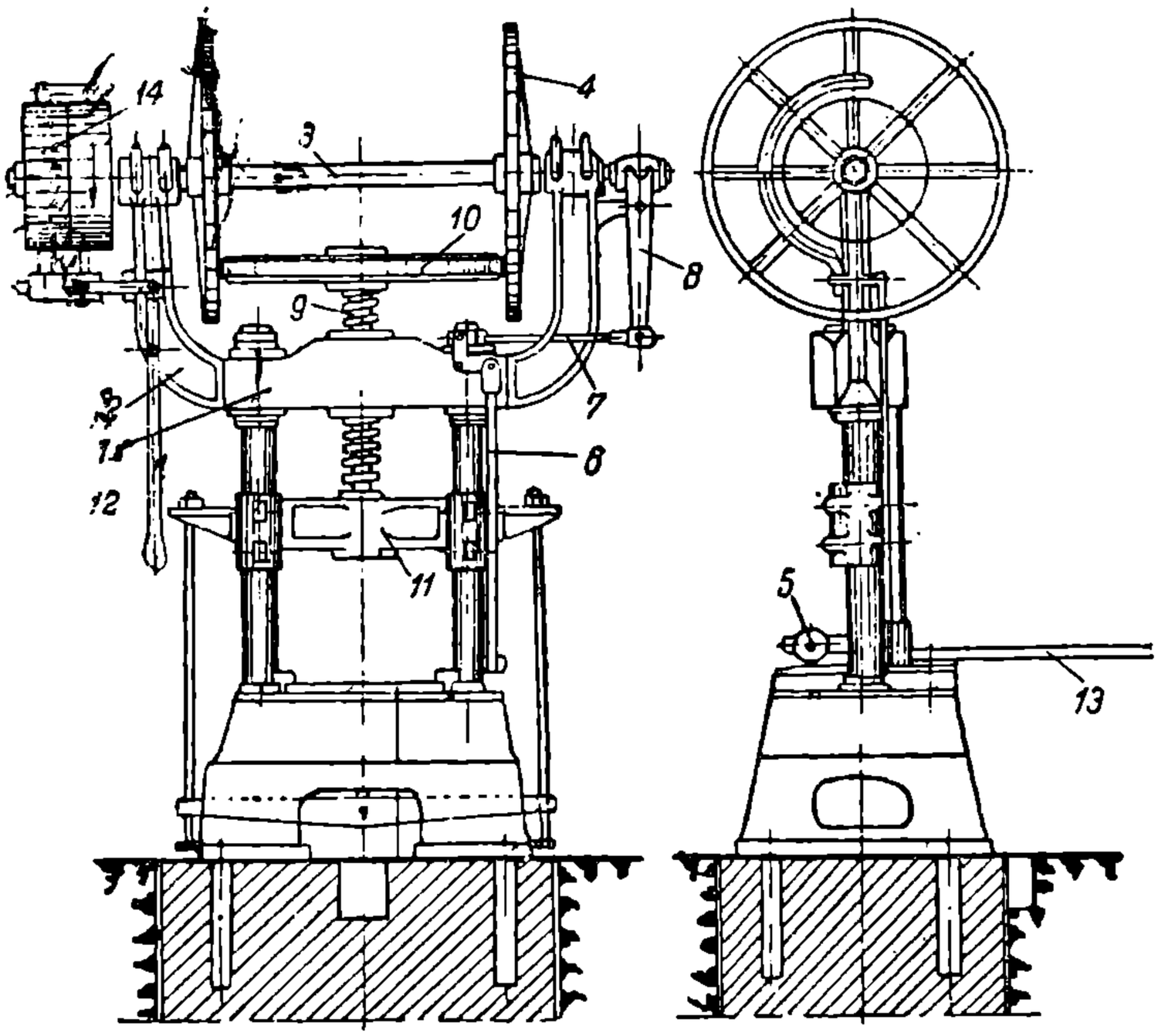


Рис. 190. Винтовой фрикционный пресс (с неподвижным столом).

Рис. 190 изображает винтовой фрикционный пресс, состоящий из рамы *1*, в верхней части которой на двух выступающих кронштейнах *2* помещены подшипники для горизонтального вала *3*, на последнем насажены два фрикционных диска *4*. Вал *3* может немного перемещаться вдоль своей оси под действием рукоятки *5* системой рычагов *6*, *7* и *8*. Через верхнюю часть рамы пресса проходит винт *9*, который обычно называется шпинделем. Винт проходит через бронзовую, закрепленную в станине гайку. На верхний конец винта насажено фрикционное колесо *10*, играющее роль

НБ УДУНТ (ДІТ)

маховика. На нижнем конце винта подвижно закреплен ползун *11* пресса, перемещающийся в вертикальном направлении вверх и вниз по направляющим *12* пресса. При нажатии на рукоятку горизонтальный вал может перемещаться вместе с дисками, при этом один из них должен будет коснуться колеса, которое и придет в движение вместе с прикрепленным к нему винтом. При движении винта придет в поступательное движение и ползун, к которому прикрепляется верхний штемпель.

В нижней части рамы пресса расположен стол *13*. В зависимости от размеров прессуемых изделий устанавливается как ход винта, посредством автоматического переключения дисков рычагом *8*, так и уровень стола пресса, переставляемого по высоте посредством ручного маховичка.

Для приведения в движение пресса на вал *3* насажены шкивы *14*, соединенные посредством ременной передачи с двигателем.

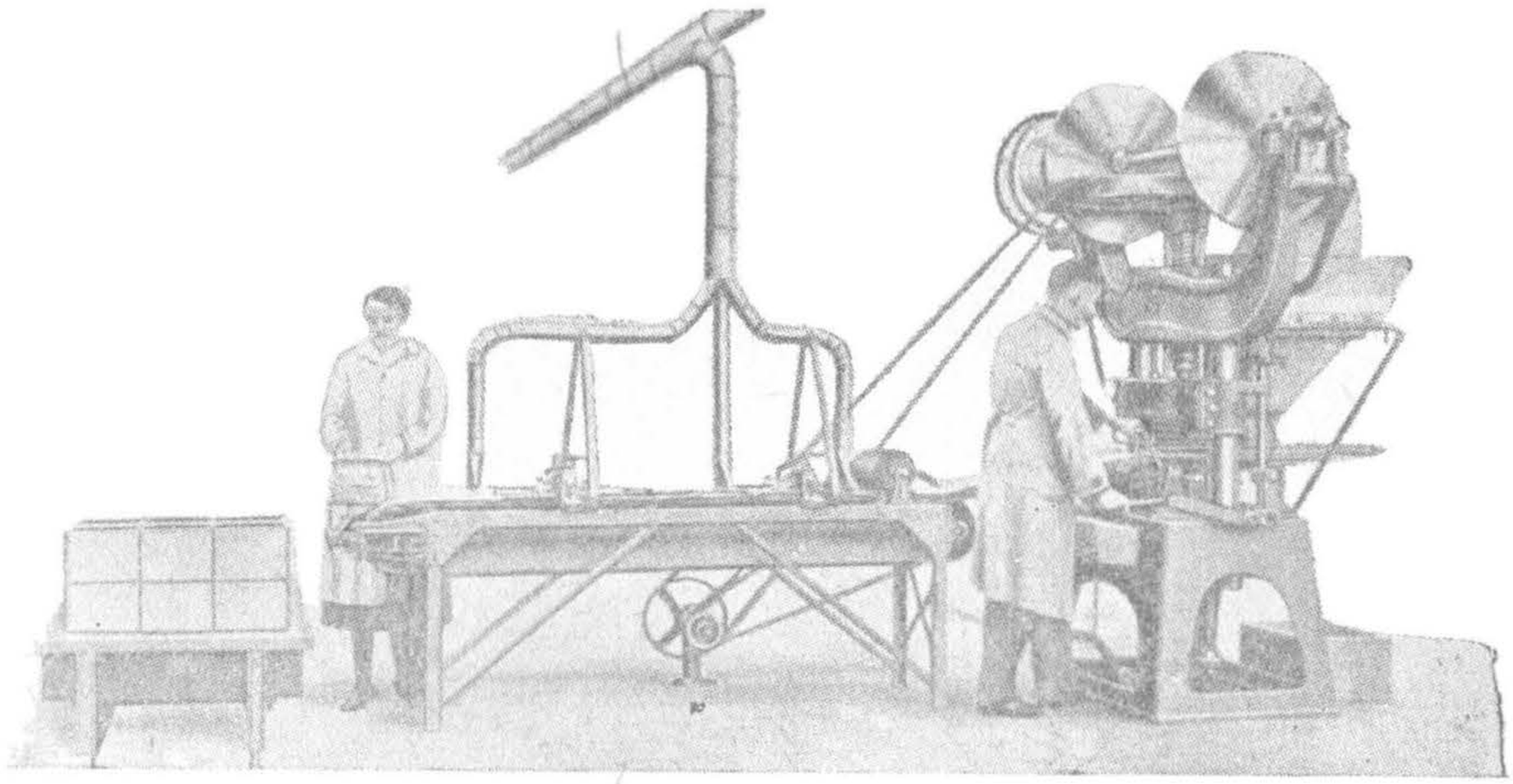


Рис. 191. Общий вид установки винтового фрикционного пресса.

Рис. 191 изображает общий вид прессовой установки для изготовления плиток. Справа показан винтовой фрикционный пресс с роликовым транспортером.

Спресованная плитка (полуфабрикат) направляется на ленточный транспортер, на котором происходит правка плитки.

Очищенные плитки укладываются в капсюли для дальнейшей обработки. К местам образования пыли на ленточном транспортере подведено обеспыливающее устройство.

На рис. 192 изображен винтовой фрикционный пресс, оборудованный поворотным столом, снабженным шестью гнездами.[1] Выталкивание сырца и поворот стола осуществляются автоматически.

Рис. 193 изображает винтовой пресс, у которого фрикционные шкивы заменены шестеренной передачей *1*, причем малая шестерня насажена на вал *2*, который приводится в движение посредством двух дисков *3* и *4*, по очереди соприкасающихся со шкивами *5* и *6*, вращающимися в противоположные стороны.

[1] Более подробная характеристика прессов с поворотным столом приводится далее.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Основной характеристикой винтового пресса служит размер диаметра винта: так, например, при диаметре винта в 75, 100, 125 и 150 *мм* развивается соответствующее давление в 25, 55, 90 и 130 *т*.

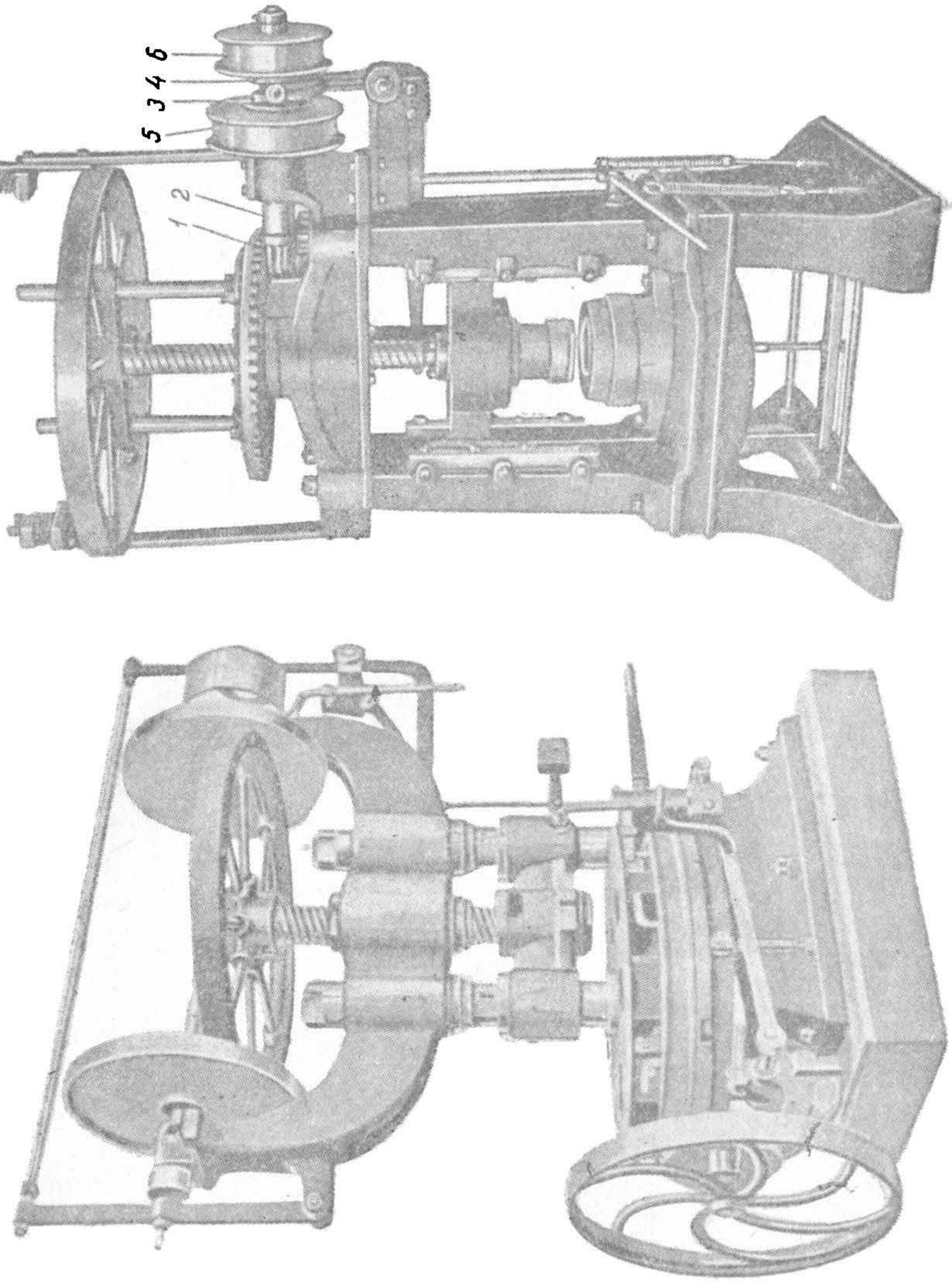


Рис. 193. Винтовой шестеренный пресс.

Рис. 192. Винтовой фрикционный пресс (с поворотным столом).

Винтовые прессы пригодны для формовки пробок, стаканов, штанговых трубок, сточных воронок и других фасонных изделий различной формы.

Изделия, изготовленные на винтовых прессах, отличаются плотностью и хорошей формой, что объясняется медленным движением винта и в связи с этим постепенным нарастанием прессового давления. Медленное прессование способствует также хорошему удалению воздуха из массы.

Недостатком винтовых прессов является затруднительность в получении больших давлений, особенно при большой массе прессуемого веще-

НВ УДУНТ (ДІІТ)

ства, и очень небольшой коэфициент полезного действия пресса, так как во время работы пресса развивается большое трение во всех движущихся деталях.

7. Прессы с коленчатым валом

Прессы, у которых штемпели приводятся в движение коленчатым валом, по форме выпускаемого материала разделяются на два типа: б л о ч н ы е и л е н т о ч н ы е. Первые выпускают сырец штучный, а вторые—в форме ленты. [1]

На рис. 194 изображен пресс блочного типа системы Рушо. Пресс состоит из рамы, на которой в подшипниках укреплен коленчатый вал *3*, приводимый в движение червячной передачей *1*, *2*. Коленчатый вал соединен с шатуном *4*, на конце которого укреплен штемпель. К шатуну прикреплен ползун, соединенный с тягой *6*, оканчивающейся пружиной *7*. В левой части рамы помещается коробка, внутри которой установлен другой штемпель, упирающийся в подшипник *5* и буферные пружины 8.

На той же раме установлен стол *17*, который приводится в движение кривошипом *16*, соединенным с валом *15*.

Для приведения в движение вала служат конические шестерни *12* и *14*, в свою очередь двигающиеся от полушестерен *11*, *13*, насаженных на вал *10*. Полушестерни приводятся в движение гребенкой *9*, укрепленной на конце коленчатого вала *3*.

На рис. 195 изображена кинематическая схема работы пресса системы Рушо. Согласно рисунку, червячная передача *1*, *2* приводится в движение шкивом *21*. Большая шестерня посредством коленчатого вала *3* и шатуна *4* передает движение штемпелю *19*. На стержне, соединенном со штемпелем, установлен ползун *22*, который помощью тяги *6*, свободно проходящей через выступ *23* и снабженной пружиной *7*, сообщает поступательное движение второму штемпелю *20*. Для уменьшения удара второго штемпеля внутри коробки предусмотрены буферные пружины *8*. Допрессованный в коробке *18* сырец *а* выталкивается обратно вторым штемпелем посредством пружины *7* на стол *17*. Регулирование движения второго штемпеля *20* осуществляется подпятником *5*.

Движение стола осуществляется так. На коленчатом валу насажена коническая гребенка *9*, которая при своем движении вращает попеременно конические шестерни *11*, *13*, насаженные на валик *10*. Последний, вращаясь попеременно то в одну, то в другую сторону, передает это движение коническим шестерням *12*, *14*, в свою очередь вращающим валик *15* также переменно. Валик посредством кривошипа *16* передает попеременное движение столу *17*, который получает движение, перпендикулярное плоскости чертежа.

Цикл работы пресса Рушо показан на том же рисунке.

Положение *I* показывает момент, когда допрессованный сырец *а* вытолкнут штемпелем *20* на стол, на котором уже находится вновь поступивший сырец *б*. Положение *II*. Допрессованный сырец снимается со стола, а вновь поступивший подготовлен к допрессовке. В этом положении стол останавливается, чтобы дать возможность штемпелю *19* затолкнуть сырец в коробку. Положение *III*. Сырец допрессовывается, а стол возвращается в исходное положение. Затем цикл повторяется.

---

[1] См. Н. П. В а г а н о в, Брикетирование сырьевой смеси, «Цемент» № 3, 1935.

НБ УДУНТ (ДІТ)

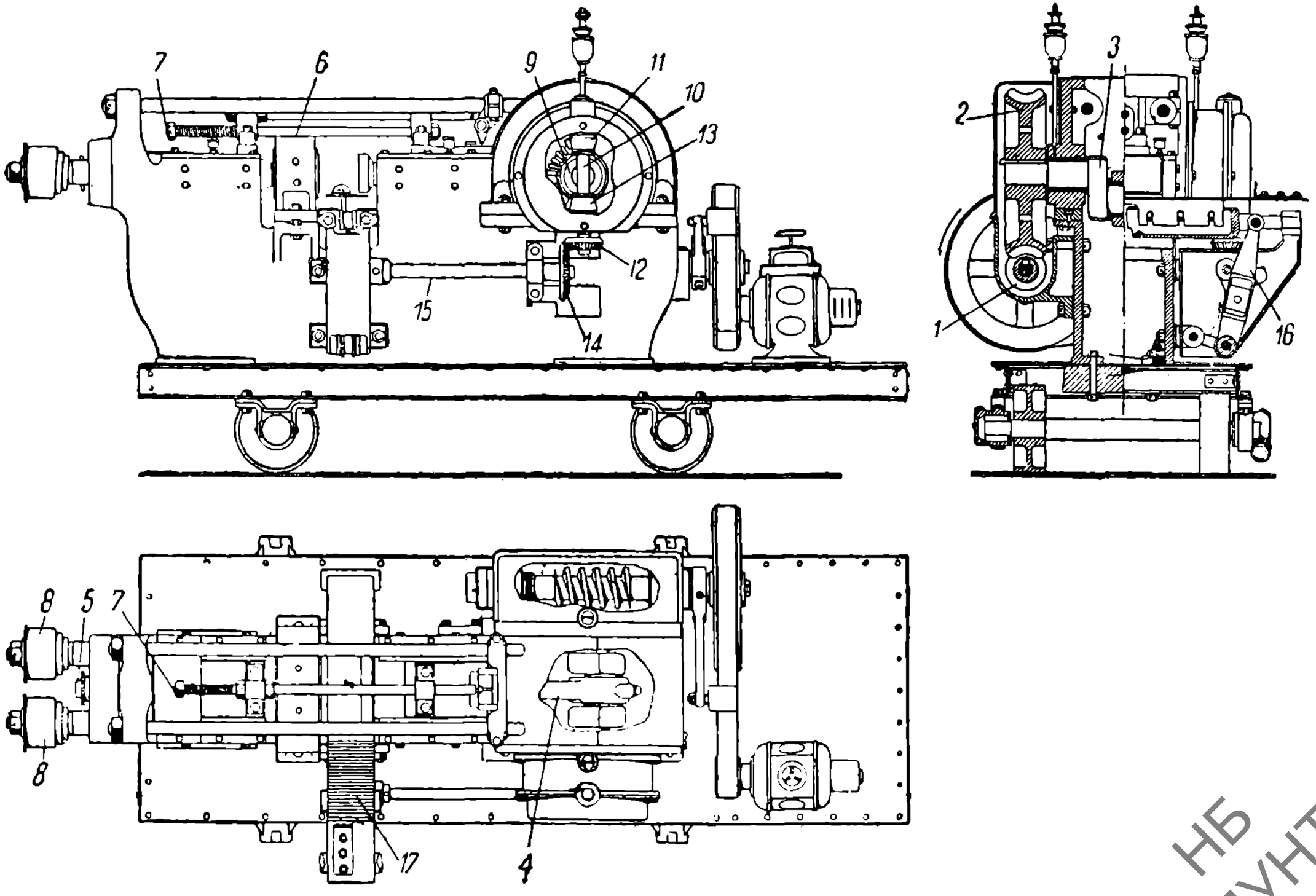


Рис. 194. Пресс с коленчатым валом блочный.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

Сырец, полученный на прессе Рушо, отличается правильными очертаниями формы, так как по выходе из коробки он выталкивается движением стола.

Рис. 196 изображает ленточный пресс системы Бюллера. Пресс состоит из рамы *1*, на которой укреплены два подшипника; в последних помещается коленчатый вал *2*, соединенный посредством двух шатунов со штемпелями. Прессование массы, поступающей через воронку *4*, производится в головке пресса, расположенной под воронкой.

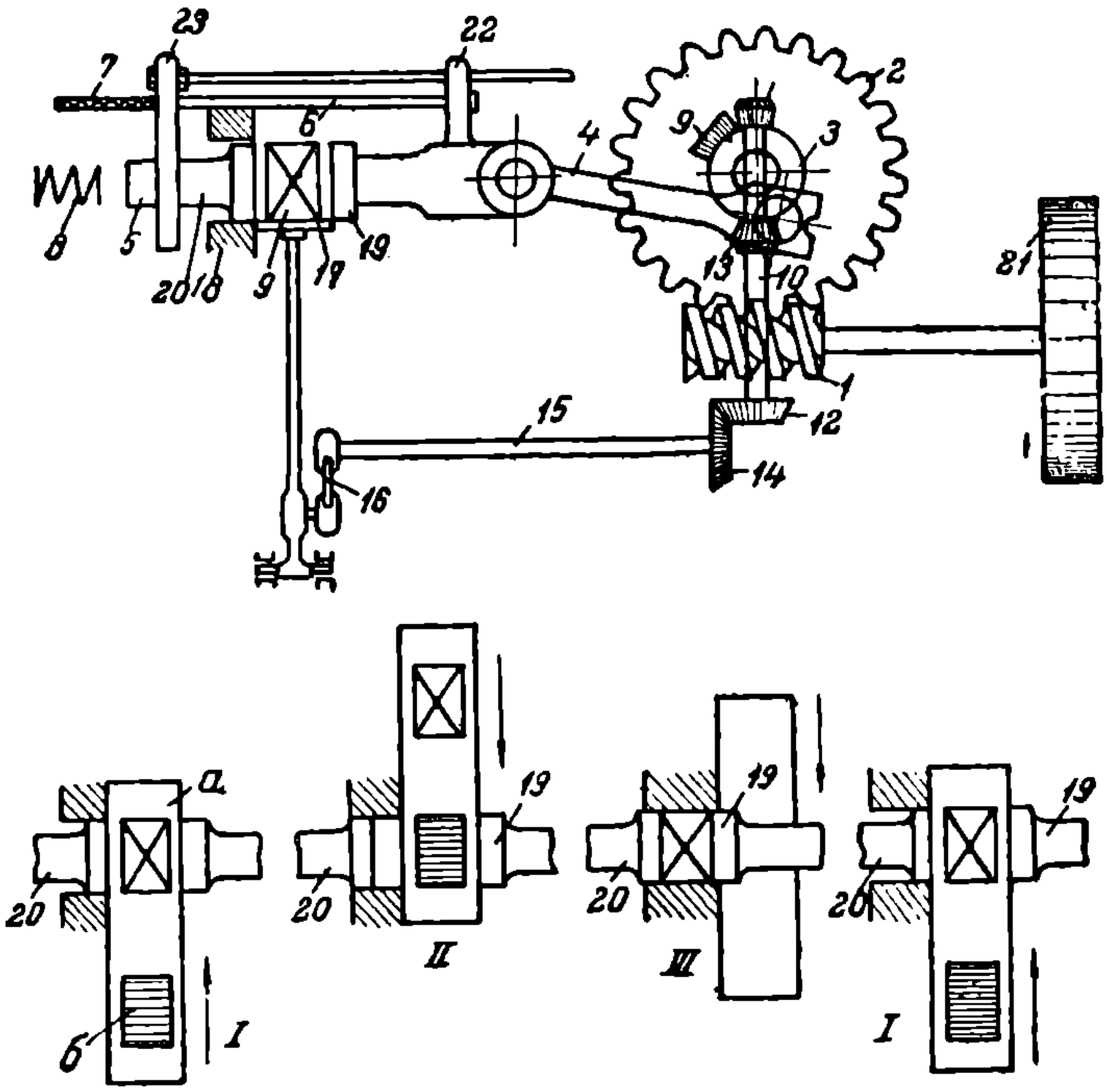


Рис. 195. Кинематическая схема блочного пресса и цикл работы.

Головка пресса представляет собой сквозной канал, длина которого рассчитана таким образом, что позволяет трением между массой и стенкой канала уплотнять находящуюся в нем массу несколькими ударами штемпеля; одновременно новой захваченной им порцией материала штемпель передвигает всю массу дальше в мундштучную часть *3*. Последняя представляет собой открытую с двух сторон камеру, у которой расстояние между верхней и нижней стенками регулируется пружинами; это придает эластичность работе пресса, устраняя толчки, вызывающие быстрый износ аппарата. Масса, по выходе ее из мундштука в виде сплошной ленты, разрезается ножом *6* на куски равной длины.

В целях предохранения трущихся частей от износа путем их смазки пресс снабжается большим количеством масленок. Для смазки ответственной части пресса служит камера *5*, которая периодически наполняется смазочным материалом. Коленчатый вал приводится в движение шкивом *7*, насаженным на конец вала. Куски сырца, по выходе из пресса, имеют круглую форму диаметром около 12 *см*, длиной от 10 до 11 *см*.

НБ УДУТ (ДИТ)

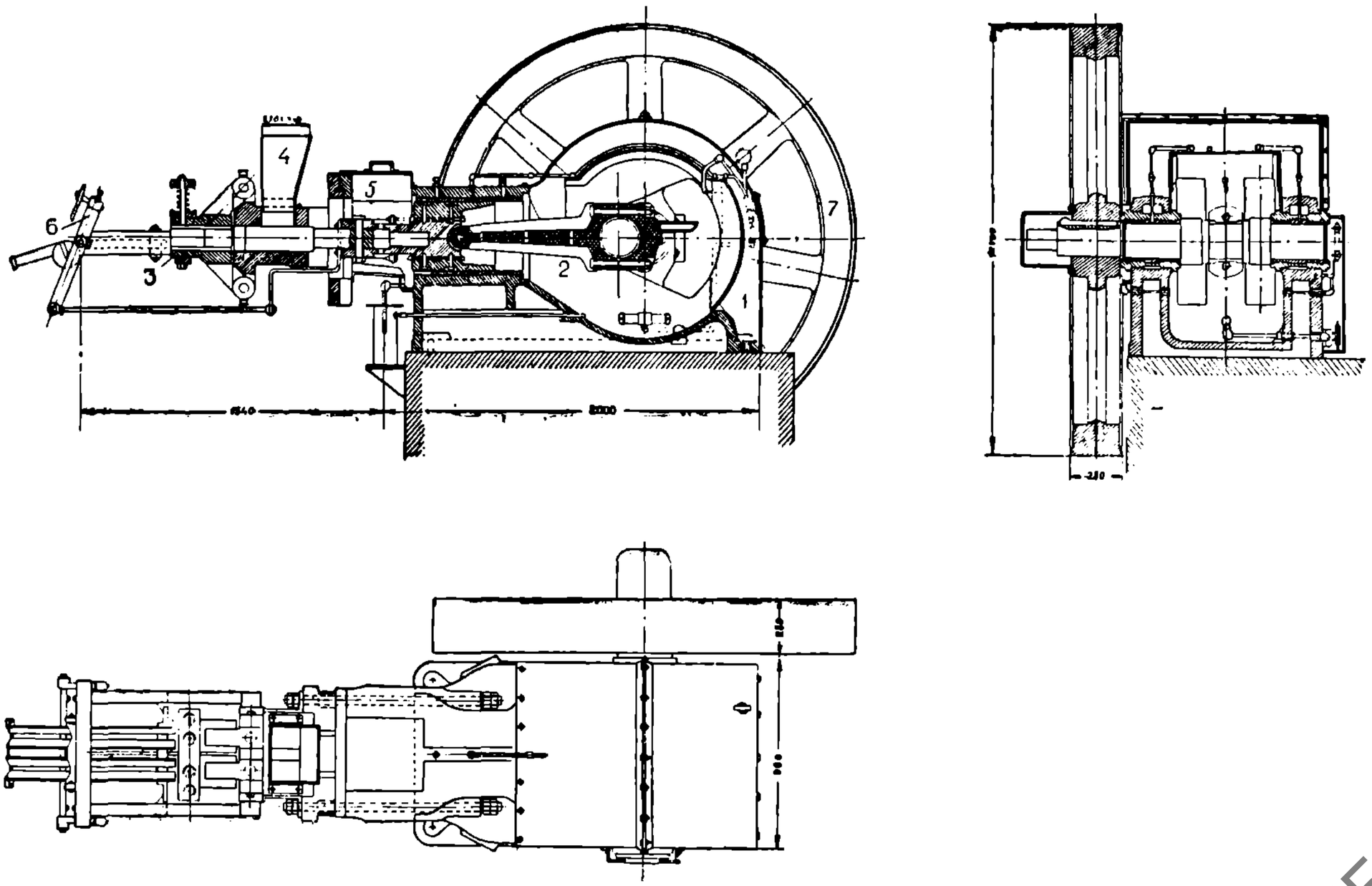


Рис. 196. Пресс с коленчатым валом ленточный.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

8. Эксцентриковые прессы

Прессы, у которых штемпели приводятся в движение эксцентриками, чрезвычайно разнообразны по своей конструкции.

К числу наиболее распространенных эксцентриковых прессов относятся прессы системы Раупаха, Бергера, Боннота, Самарина, «Идеал» и др.

Рис. 197 изображает эксцентриковый пресс Р а у п а х а, служащий для прессования черепицы. Пресс состоит из рамы, в которой на подшипниках укреплен главный вал *4*, соединенный зубчатой передачей с приводным валом *5*.

В средней части главного вала укреплен эксцентрик *8*, посредством которого приводится в движение обойма *6* вместе с прикрепленной к ней верхней формой *9*. В нижней части рамы на валу *10* помещен барабан *11* пятиугольной формы, несущий на каждой стороне по одной нижней форме; на том же валу посажен на одном конце диск *7* с пятью выемками. Диск приводится во вращение вокруг своей оси укрепленным на шестерне штифтом *12*, когда последний попадает в одну из выемок диска.

Обслуживание пресса производится автоматически помощью рычагов *1*, *2* и *3*.

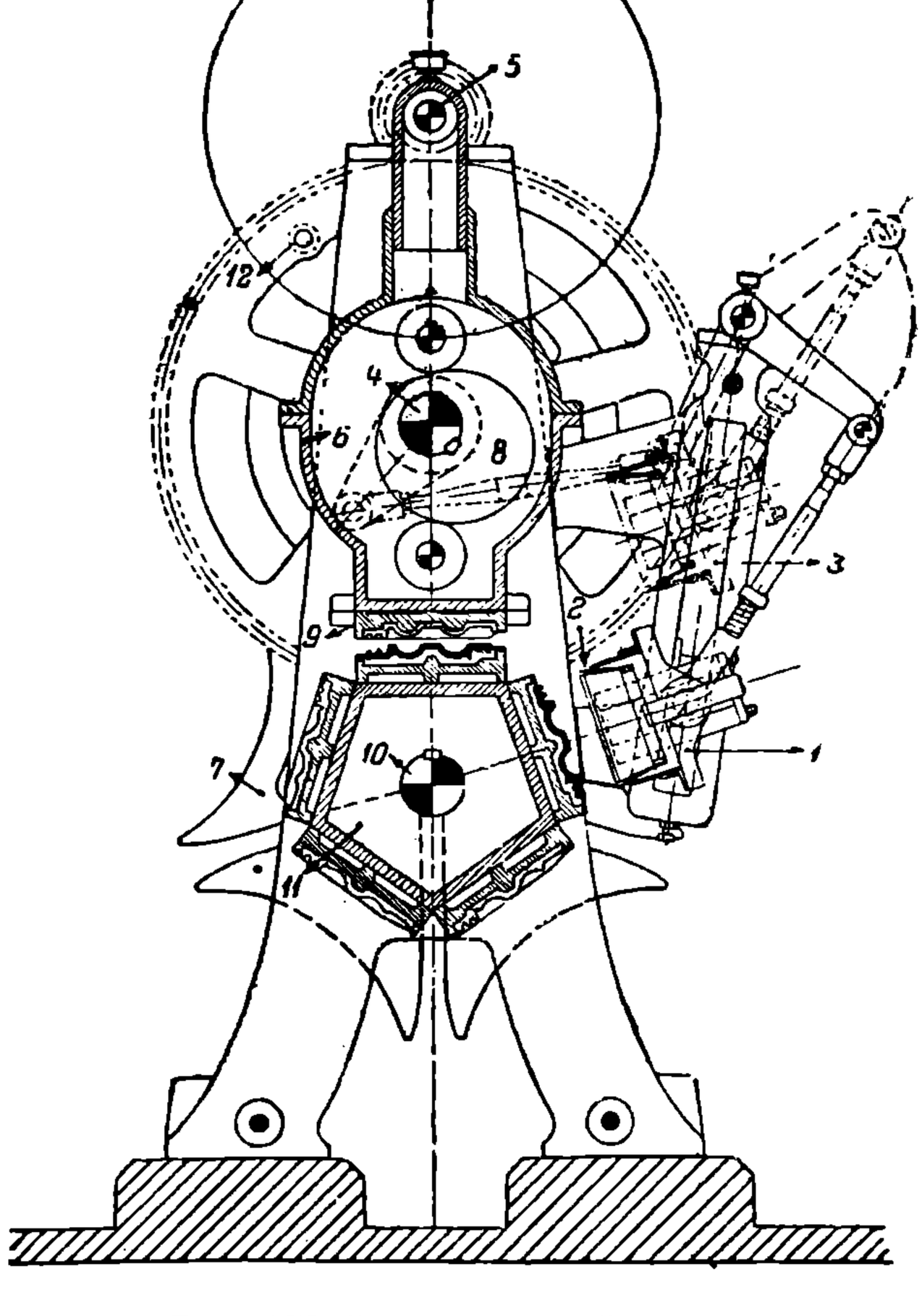


Рис. 197. Эксцентриковый пресс.

На рис. 198 изображен пресс системы Боннота. Пресс состоит из чугунной плиты, на которой установлены две вертикальные параллельные рамы, несущие в своей верхней части вал с двумя кривошипами и эксцентриком посередине. На полках, прилитых на внутренних стенках рам, закреплен стол, который имеет две прессовых коробки без дна. В эти коробки входят сверху и снизу штемпели, которые при сближении осуществляют прессование массы.

Верхние штемпели укреплены на прессовой головке, которая ходит по вертикальным направляющим, укрепленным на стенках рам. Прессовая

НБ УДУНТ (ДІІТ)

головка посредством регулирующей муфты соединена с бугелем, охватывающим эксцентрик. Эксцентрик насажен на кривошипный вал, вращающийся в подшипниках, установленных на верхних полках рам. На конце кривошипного вала насажена большая зубчатая шестерня, получающая вращение от приводного вала. На кривошипах с обеих сторон вала установлены вкладыши с тягами.

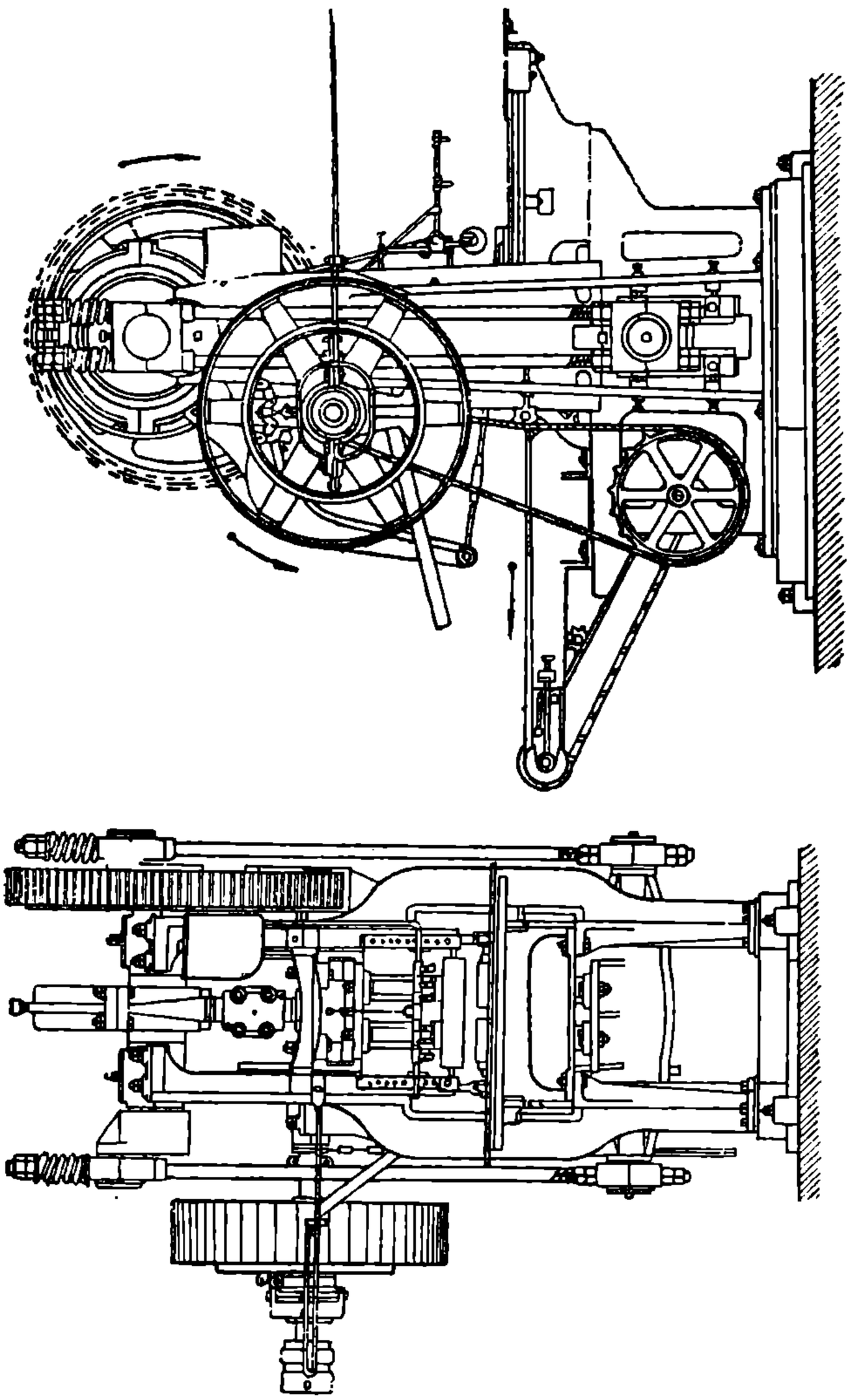


Рис. 198. Эксцентриковый пресс.

Нижние концы этих тяг соединяются вкладышами, охватывающими шейки коромысла. На поверхности этого коромысла укреплены нижние штемпели. Коромысла ходят в направляющих, допускающих регулировку.

Таким образом, вращающиеся кривошипы посредством тяг поднимают и опускают коромысло с укрепленными на нем нижними штемпелями. Одновременно эксцентрик, насаженный на кривошипный вал, поднимает и опускает прессовую головку с верхним штемпелем. Ход верхнего штем-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

пеля на 40—45 *мм* больше хода нижнего, и это расстояние регулируется вращением муфты, снабженной внутри резьбой, правой для винта прессовой головки и левой для винта бугеля. Избыток давления воспринимается стальными пружинами. На поверхности прессового стола двигается подвижная рама, которая подает массу в прессовые коробки. Коробки снабжены стальными пластинами, легко заменяемыми при износе. При помощи этой же рамы со стола пресса убирается прессованный сырец, поданный нижним штемпелем на стол, и передается на ленту для съема и укладки на вагонетки. Пресс применяется для допрессовки сырца, получаемого из шнекового пресса.

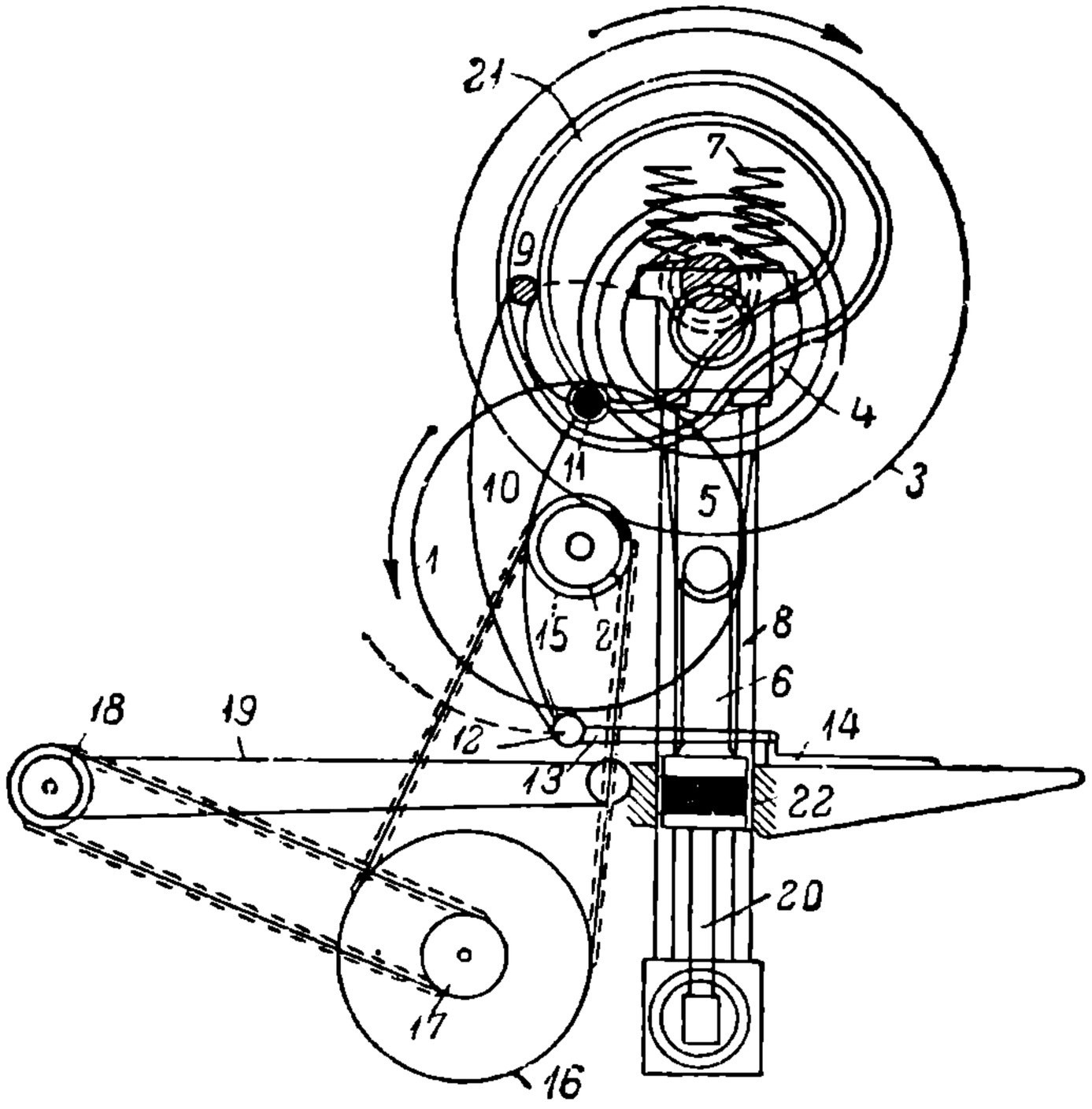


Рис. 199. Кинематическая схема эксцентрикового пресса.

Кинематическая схема работы эксцентрикового пресса системы Бонота приведена на рис. 199. Насаженные на одном валу шкив *1* и шестерня *2* приводят в движение шестерню *3* и эксцентрик *4*, насаженные на другом валу. К эксцентрику прикреплен шатун *5*, сообщающий движение верхней тяге *6*, с укрепленным на ней штемпелем. На верхнем валу по концам насажены два эксцентрика, сообщающие через пружины *7* и тяги *8* поступательное движение нижнему стержню *20*, с прикрепленным к нему штемпелем, выталкивающим допрессованный сырец на стол.

К шестерне *3* прикреплен фигурный диск *21* с прорезью, в которой движется ролик *9*, сообщающий рычагу *10* качательное движение вокруг неподвижной точки *11*. Шарнир *12* рычага *10* соединен тягой *13* с кареткой *14*, подающей сырец в коробку *22* и выталкивающей его на транспорт-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ную ленту *19*. Лента приводится в движение посредством шарнирных цепей и зубчаток *15*, *16*, *17* и *18*.

На рис. 200 изображен эксцентриковый пресс системы «Идеал», состоящий из кожуха *1*, в котором укреплен вертикальный вал *2* с насаженными на нем ножами и лопастями *3*. Вал приводится в движение посредством шестерни *4*, в свою очередь соединенной с ременной передачей и с двига-

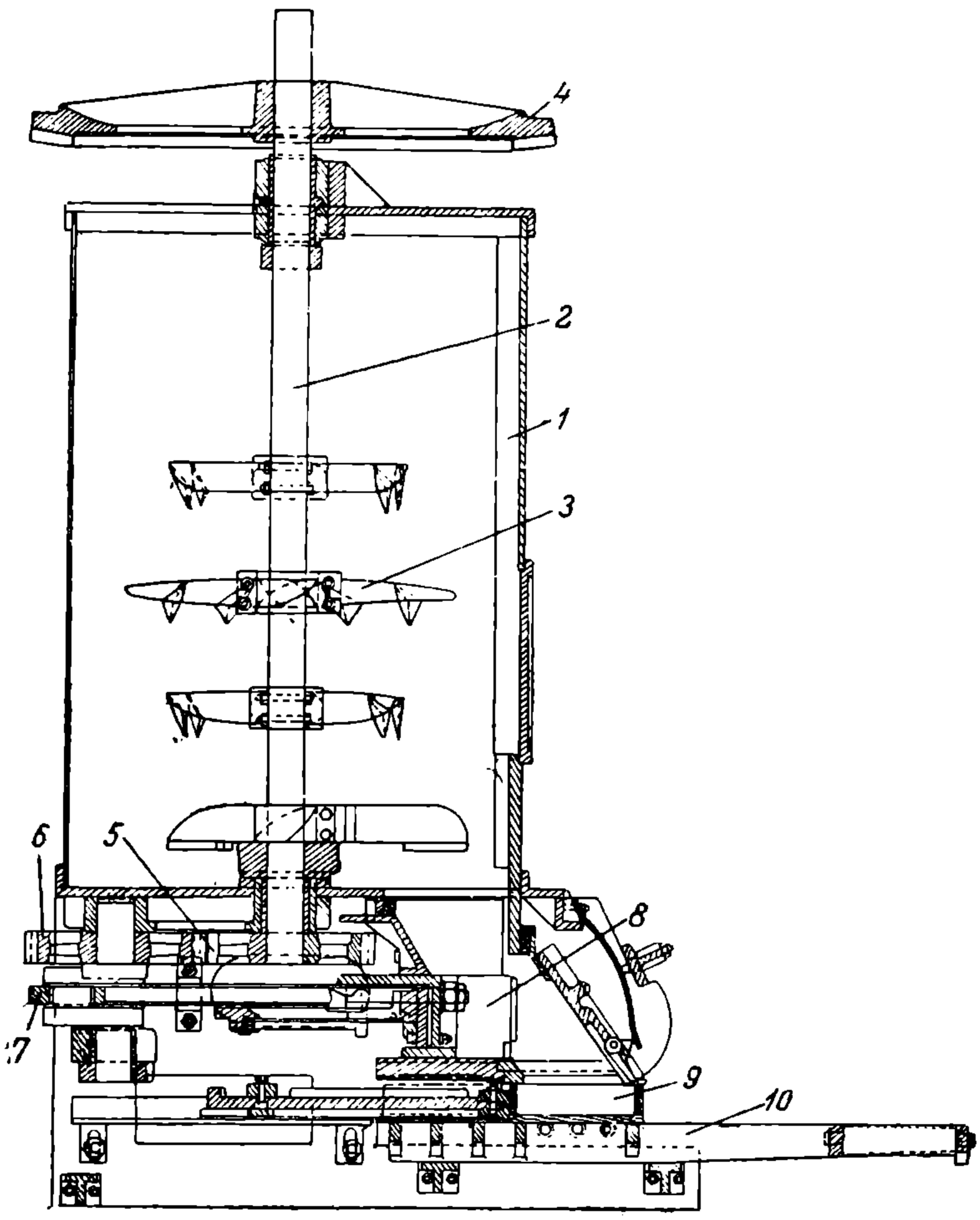


Рис. 200. Эксцентриковый пресс.

телем. На нижнем конце вала насажена шестерня *5*, соединяющаяся с другой шестерней *6*, насаженной на общий вал с эксцентриком *7*. Для выдавливания глины из пресса служит шатун с прикрепленным к нему штемпелем *8*, который при движении вперед выдавливает глину в переднюю часть пресса, и дальше глина помощью распределительного мундштука плотно заполняет заранее вставленную форму *9*, состоящую из 4 или 5 отделений; размеры их соответствуют размерам сырца. После заполнения глиной формы последняя выталкивается из пресса на стол *10*, а штемпель движется назад, причем в этот промежуток времени внутрь

НБ УДУНТ (ДІТ)

вставляется новая форма. По выходе формы из пресса излишняя глина с нее срезается ножом. Пресс работает на глинах влажностью от 16 до 20%. Для устранения приставания глины к формам и для получения правильных размеров сырца формы необходимо предварительно обсыпать чистым и мелким песком.

Для удовлетворительной работы пресса, для получения хорошо промешанной глины и для предохранения пресса от попадания в него каких-либо включений перед ним обыкновенно устанавливаются вальцы.

К достоинствам пресса следует отнести простоту конструкции, небольшую стоимость его и сравнительно большую производительность.

К недостаткам пресса относится затруднительность сохранения правильных очертаний сырца, несмотря на тщательность наполнения формы материалом и на неравномерность давления при прессовании сырца. Происходит это вследствие формования прессом очень мягкой массы, освобождение которой из формы без повреждения чрезвычайно затруднительно.

9. Рычажные прессы

Прессы, работающие посредством рычагов, отличаются большим разнообразием конструкций.

К числу наиболее распространенных относятся: прессы с неподвижным столом, а именно прессы системы Бойд (Boyd), Риддель (Riddell) и др., и прессы с поворотным столом фирмы «Комник» (Komnik) Бернгарди (Berngardi), Вольф-Буккау (Wolf Buckau), бывш. Рерих и Кениг (Röhrig u. König), Дорстена (Dorsten) и др.

Прессы с неподвижным столом. Изображенный на рис. 201 пресс типа Бойда состоит из двух массивных чугунных станин *1*, соединенных вверху болтами с чугунной перекладиной. Эти станины составляют переднюю прессующую часть. К ней примыкает другая часть пресса, несущая приводный и рычажный механизмы. Эта часть пресса также имеет две чугунные станины *2*. В этой части пресса расположен приводный механизм, состоящий из приводного шкива *3*, насаженного на ведущий вал и соединенного с фрикционной муфтой *4*. Ведущий вал покоится одним концом на выносном подшипнике *5* и проходит через обе станины пресса. На другом конце на нем насажена малая шестерня от первой передачи *6*. Эта шестерня передает вращение большой, сидящей на промежуточном валу, который тоже проходит через обе станины в средней части и несет на другом конце малую шестерню от второй передачи. Большая шестерня *7* этой передачи насажена на конец коленчатого вала *8*, соединенного с основным рычагом пресса. Рычаг *9* имеет в своей средней части башмак, при помощи которого он покоится на опорном ролике. Вдоль передней станины ходит серьга. На этой серьге в ее верхней части укреплен валик *10*, на котором помещен верхний шатун *11*, соединяющийся с основным рычагом. Внизу же помещается нижний крейцкопф. С основным рычагом соединен еще нижний шатун. Оба шатуна и передняя часть рычага имеют одну общую ось. Нижний шатун передает движение верхнему крейцкопфу *12*. Последний соединен с верхним штемпелем, тогда как нижний крейцкопф соединен с нижним штемпелем. Станина пресса в средней своей части оборудована прессовым столом. На этом столе ходит рама-питатель *13*, соединенная при помощи двух тяг, рычага, шатуна и направляющего ролика с кулисой на большой шестерне, сидящей на коленчатом валу. Питатель разделен перегородками на четыре части, соответственно количеству форм. Над рамой-

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

питателем укреплен ящик, в который поступает готовая масса. Для разрыхления массы в питателе имеются два валика *14*. В передней части стола имеются отверстия для форм *15* в количестве четырех штук, в которых прессуется масса. Боковые стенки формы снабжены сменными пластинами из специальной стали, точно так же как штемпели имеют сменные накладки. Формы имеют электрический обогрев.

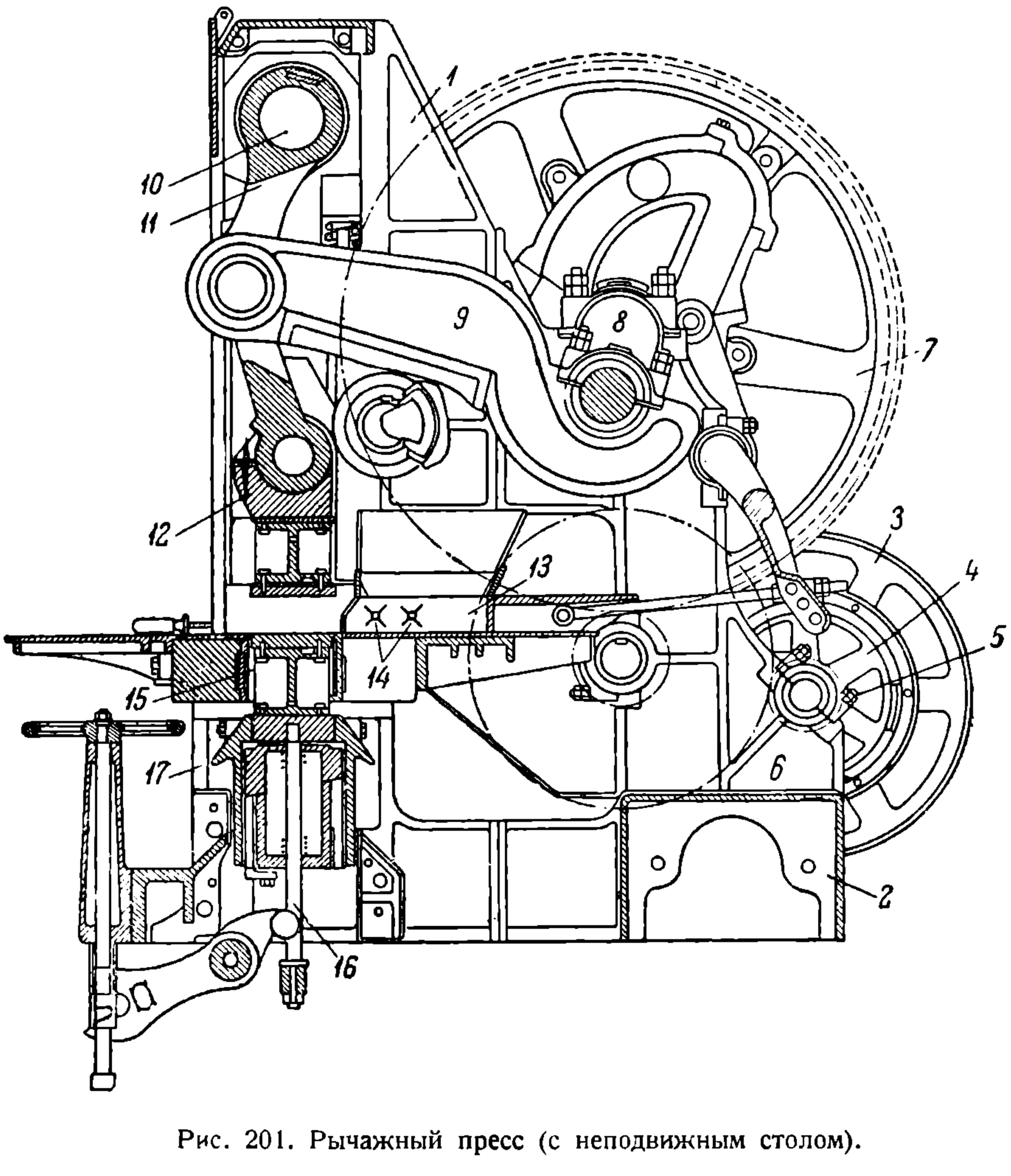


Рис. 201. Рычажный пресс (с неподвижным столом).

В передней части пресса имеется приспособление, состоящее из вертикального регулировочного винта с маховичком, соединенного в нижней своей части помощью рычага с двумя тягами *16* от седловины *17*, сидящей на нижнем крейцкопфе. Седловина сидит на двух сильных стальных пружинах, охватывающих ее тяги.

Работа пресса заключается в следующем.

Масса соответствующей влажности (8—11%) из питателя, помещенного над прессом, по двум рукавам подается в раму-питатель. Питатель при

НБ УДУНТ (ДІІТ)

своем движении вперед заполняет все четыре формы пресса, а при возвращении в первоначальное положение снимает излишек материала. В момент возвращения питателя в первоначальное положение сначала опускается верхний штемпель пресса и немного спустя поднимается нижний штемпель. Масса получает верхнее и нижнее прессование и при дальнейшем поднятии нижнего штемпеля единовременно выдаются на поверхности коробки четыре готовых сырца, которые выталкиваются на передний столик пресса коробкой-питателем, заполняющей в это время формы.

Движение питателя производится следующим образом. К большой шестерне привернута болтами кулиса, вращение которой приводит в качательное движение шатун, передающий через рычаг и тяги возвратно - поступательное движение питателю. Пресс приводится в движение от мотора через ременную передачу и две пары шестерен. В момент пуска мотора фрикционная муфта, сидящая на приводном шкиве, выключается, и включение ее происходит постепенно, чтобы не перегрузить мотор. Когда муфта включена полностью, пускают массу в ящик над питателем, и пресс начинает выдавать сырец.

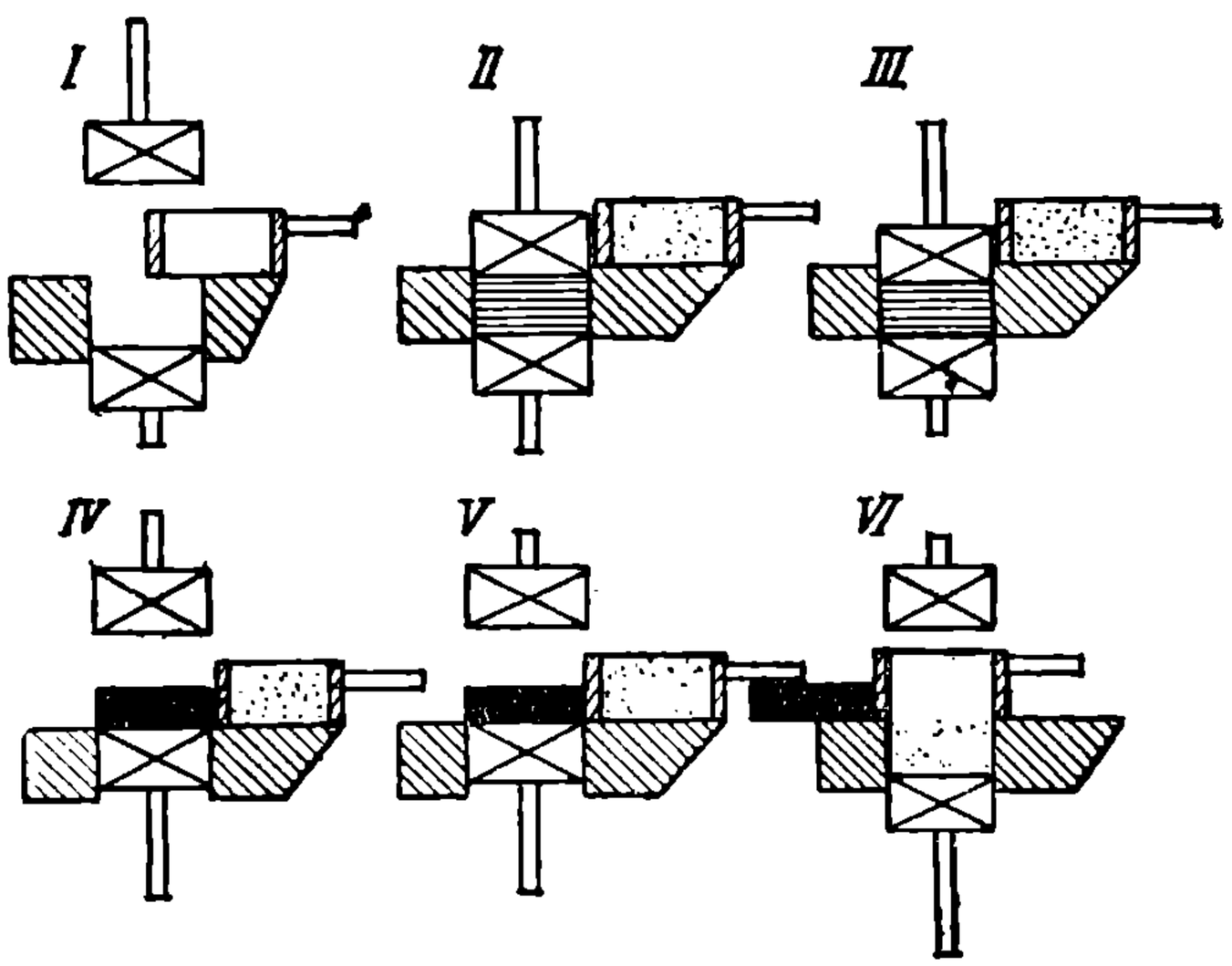


Рис. 202. Процесс формования сырца на рычажном прессе.

Коленчатый вал приводит в возвратно-поступательное и качательное движение рычаг пресса, а последний передает движение вверх и вниз серьге через верхний шатун. Верхний штемпель получает движение через свой крейцкопф от нижнего шатуна, а нижний штемпель через свой крейцкопф с сидящей на нем седловиной.

Давление пресса регулируется толщиной слоя, насыпанной в формы массы. Эта регулировка происходит при помощи маховичка путем соответствующего поднятия или опускания седловины. В первый момент прессовки пружины, на которых сидит седловина, сжимаются, а при движении крейцкопфа вверх опять выпрямляются и ускоряют выдачу готового кирпича. Толщина слоя насыпки для малого стандарта обыкновенно бывает 125—130 *мм*.

Процесс формования сырца на прессе системы Бойд указан на рис. 202.

Пресс системы Бойд применяется для производства шамотного и строительного кирпича, а также клинкера по полусухому способу.

На некоторых заводах огнеупорной промышленности установлен пресс системы Риддель,[1] который отличается от пресса системы Бойд конструктивными изменениями.

[1] См. Н. П. Ваганов, Формовочные аппараты, журнал «Огнеупоры» № 1, 1936.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Прессы с поворотным столом. На рис. 203 изображен рычажный пресс системы Вольф-Буккау с поворотным столом, имеющим 16 гнезд-коробок и мешалку.

На рисунке показаны: *1* — конические шестерни; *2* — вертикальный вал; *3* — нож мешалки; *4* — кожух мешалки; *5* — рычаг для поворота стола; *6* — стол; *7* — гнездо; *8* — обойма пресса; *9* — колонна; *10* — приспособление для очистки стола (угольник и щетка); *11* — штампы; *12* — полозок; *13* — резиновые шины (амортизаторы).

Этот тип пресса является наиболее распространенным на заводах силикатного и динасового кирпича. Прессом осуществляются одновременно следующие операции: смешивание массы, наполнение массой гнезд-коробок, прессование массы и выталкивание сырца. Для выполнения этих операций служат следующие приспособления и механизмы:

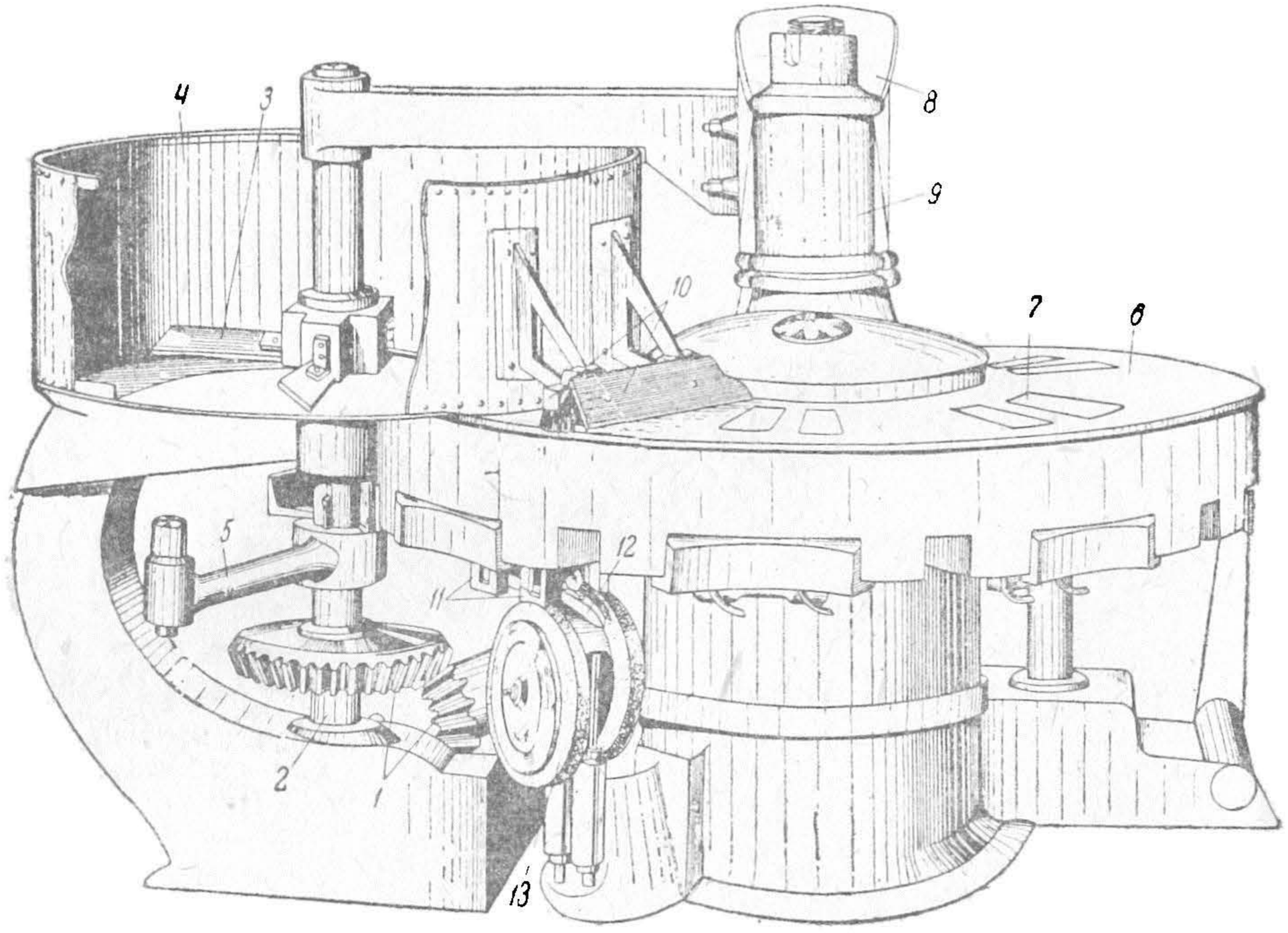


Рис. 203. Рычажный пресс (с поворотным столом).

привод пресса;
мешалка и механизм для поворота стола;
тормозное приспособление для остановки стола;
прессующий механизм;
механизм для выталкивания сырца;
приспособление для регулирования величины наполнения коробок.

Привод пресса состоит из шкива, насаженного на вал электродвигателя, из двух трансмиссионных шкивов и двух шкивов контрпривода, насаженных на один вал.

Мешалка и механизм для поворота стола. На рис. 204 показано устройство механизма для вращения ножей мешалки и для поворота стола.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Ножи мешалки, расположенной над столом пресса, приводятся в действие вертикальным валом *3*, соединенным посредством конических шестерен *8* с приводом пресса. Вертикальный вал опирается нижним своим концом в гребенчатый подшипник *10*, укрепленный в кронштейне *4*.

Для удержания вала в вертикальном положении установлены подшипник *1* и промежуточные кольца *7* и *9*. Ножи мешалки прикрепляются посредством угольников к разъемной ступице *2*.

Кроме вращения ножей мешалки, вертикальный вал производит также поворот стола.

Для этого на нем рядом с конической шестерней (несколько выше ее) насаживается на шпонке поворотный рычаг *5*. На одном конце *4* рычага имеется утолщение, обработанное по кругу, центр которого совпадает с осью вертикального вала, а на другом конце имеется проушина, куда вставляется эксцентриковый палец *6*. На последний надевается хорошо обточенный стальной стакан, легко вращающийся вокруг пальца. Такого рода приспособление очень удобно в работе, так как в случае выработки стакана он легко заменяется. При вращении вертикального вала эксцентриковый палец рычага проходит в прорезь стола, предназначенную для этой цели, и поворачивает стол пресса. При одном обороте вертикального вала стол пресса делает поворот вокруг своей оси в 45° или на $^1/_8$ оборота стола.

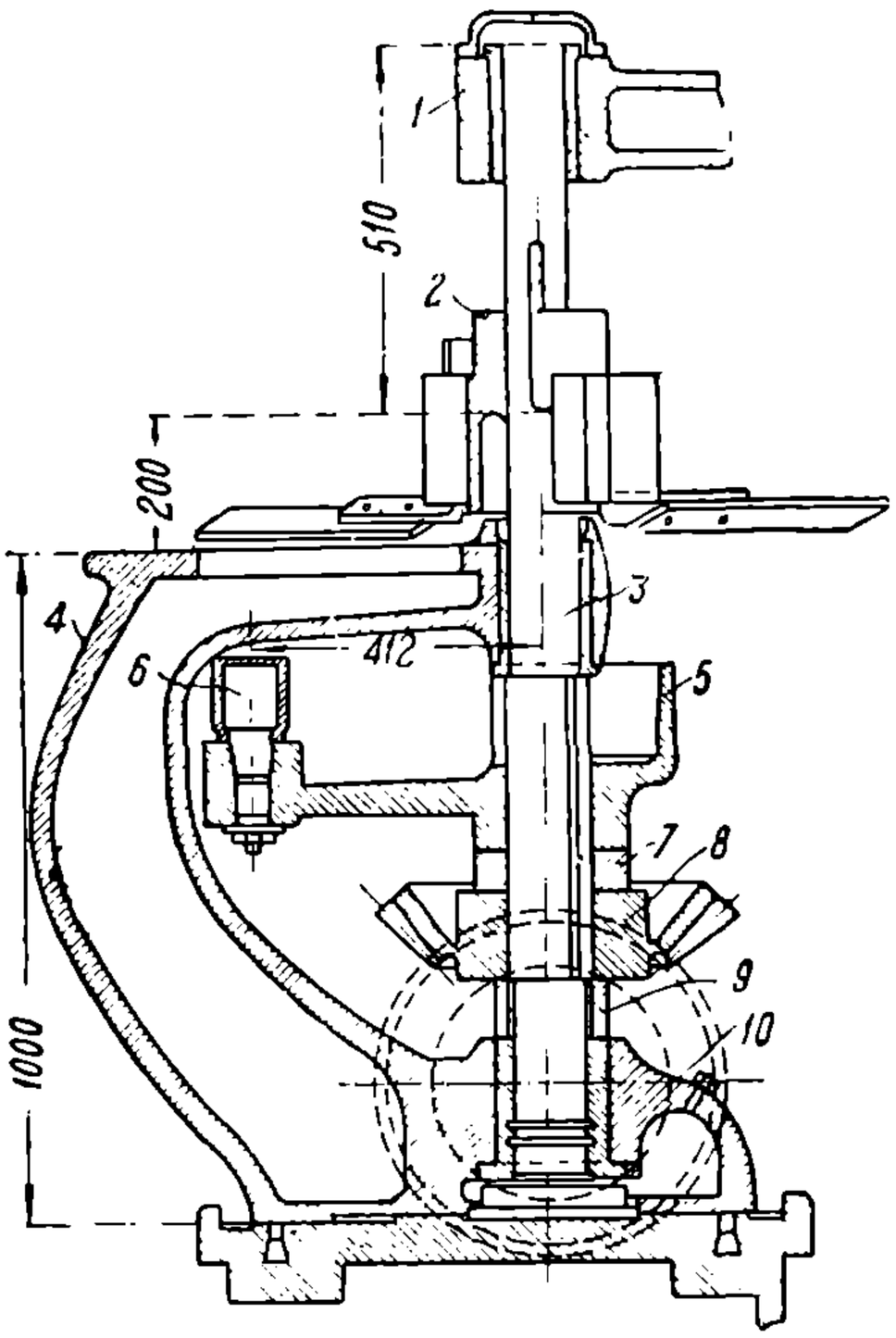


Рис. 204. Схема механизма для вращения ножей мешалки и для поворота стола.

Вращение вертикального вала, а с ним и поворотного рычага, все время протекает равномерно вследствие жесткого соединения конических шестерен. Такое соединение не позволяет ни ускорить, ни замедлить вращение вала. В противоположность этому стол пресса сидит на своей оси свободно. При входе эксцентрикового пальца в прорезь стола последний начинает двигаться с постепенным ускорением.

Тормозное приспособление для остановки стола. Как уже отмечалось нами, для предупреждения удара рычагом и для своевременной задержки стола служит тормозное приспособление, изображенное на рис. 205. Последнее состоит из ролика *8*, шатуна *9*, педального рычага *10*, колонки *11*, обоймы колонок *12*, деревянных тормозных колодок *13*, обитых кожей *14*, толкача колодок *15*, пружины *16*, толкача пружины *17*, буфера *18*.

Ролик шатуна прилегает к большой шевронной шестерне *6*, насаженной на коленчатый вал *5*, соединенный с шестернями *1* и *2* и рычагом *4*.

НБ УДУНТ (ДІТ)

На рисунке пунктиром показано место установки мешалки *3*. В определенный момент вращения шевронной шестерни ролик накатывается на противовес *7*, в результате чего тормозная колодка прижимается к столу *19* пресса и тормозит его.

Торможение должно начинаться в то время, когда штемпели не дошли до прессующего поршня на 200 *мм*.

Прессующий механизм. На рис. 206 изображена схема прессующего механизма.

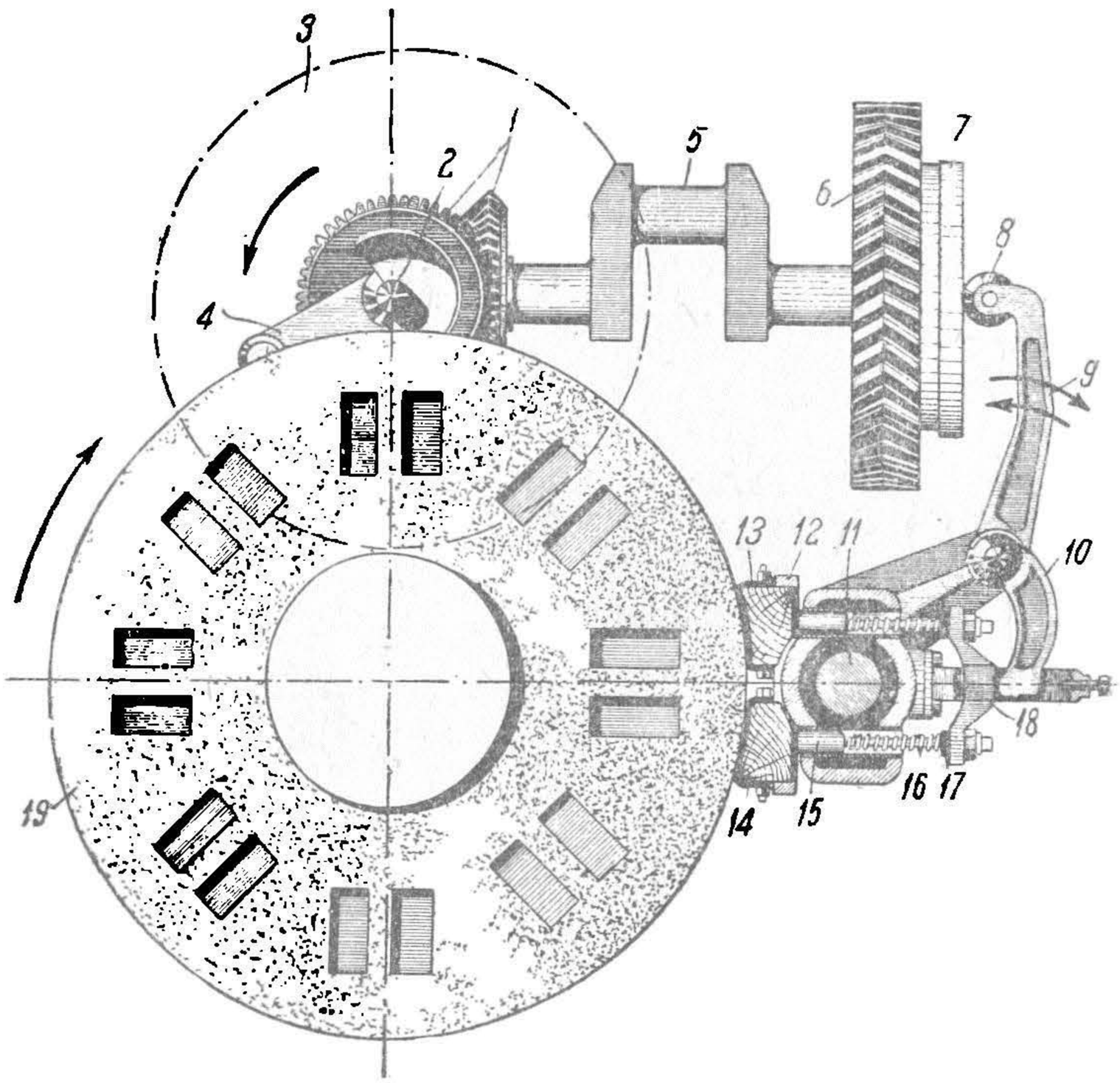


Рис. 205. Схема тормозного приспособления.

Согласно схеме колено вала соединяется с серьгой *1*. Последняя соединена с длинным концом прессующего рычага *2*. Другой конец прессующего рычага насажен на короткий вал *3*, укрепленный в станине пресса. В предусмотренное углубление прессующего рычага вставляется толкач *4*. Последний в свою очередь соединен другим концом с прессующим поршнем *5*. Таким образом при вращении коленчатого вала приводится в действие прессующий рычаг, который то поднимает, то опускает связанный с ним прессующий поршень.

Механизм для выталкивания сырца. Одновременно с прессованием происходит и выталкивание сырца. Выталкивающий поршень *1* (рис. 207) шарнирно соединен нижней своей частью с вилкой *2* двухплечного рычага *3*. Другой конец рычага соединен с большой шевронной шестерней *4* посредством разъемного штока *5*. В середине разъема штока концы его соединены муфтой *6* с двухсторонней нарезкой, посредством которой и регулируют ход поршня, удлиняя или укорачи-

НВ УДУНТ (ДІІТ)

вая его. Полная схема движения механизмов прессования и выталкивания видна из того же рисунка.

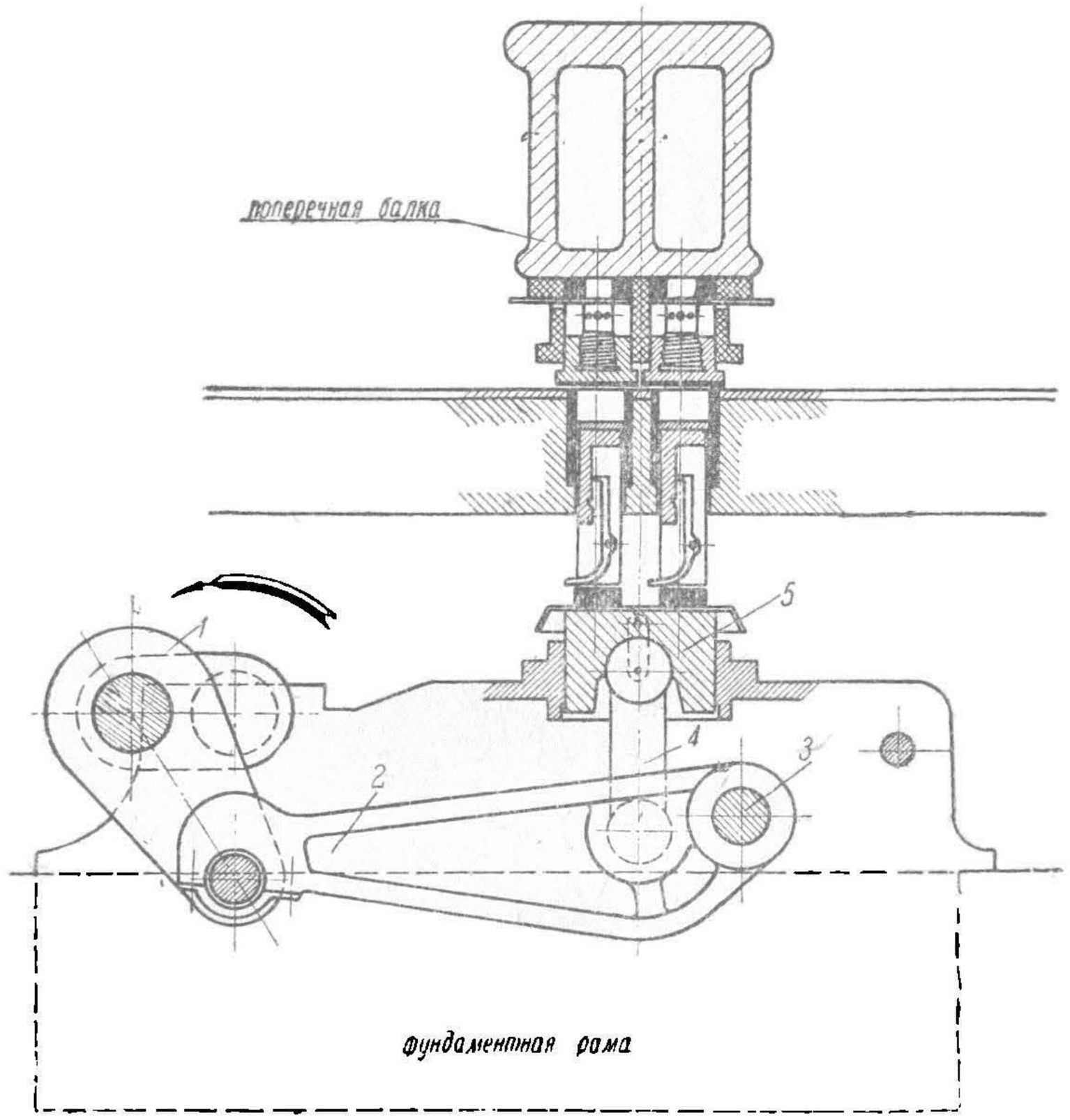


Рис. 206. Схема прессующего механизма.

Произведя сцепление конических шестерен, соединяющих вертикальный и коленчатый валы и приведя их в движение, мы получим полный

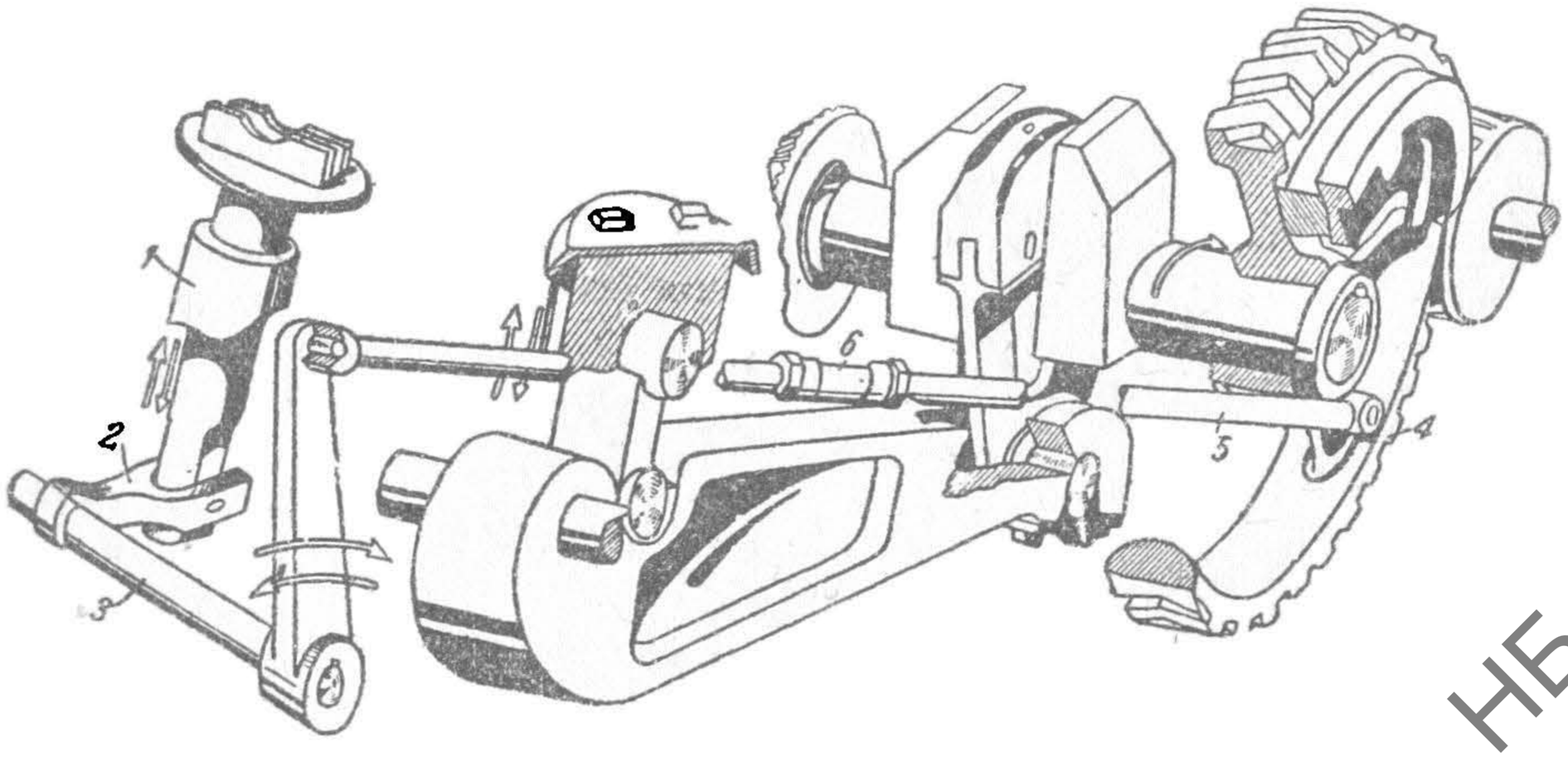


Рис. 207. Схема выталкивающего механизма.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

цикл работы механизмов пресса, т. е. наполнение прессовых коробок, поворот стола, прессование и выталкивание сырца.

Механизм для регулирования величины наполнения коробок. Для регулирования наполнения прессовых коробок служит регулирующий винт, на который, в нижнем его положении, опирается своей кромкой штемпель. Регулирующий винт в нижнем конце имеет резьбу и завернут в корпус держателя; на последнем закреплены и собачки. Верхний конец винта, находясь в трубке штемпеля, поддерживает его на определенной высоте, т. е. сохраняет определенную величину наполнения прессовых коробок. Для увеличения наполнения коробок нужно регулирующий винт выдвинуть из держателя; тогда штемпель с трубкой опустится ниже и тем самым увеличит наполнение. При завинчивании винта корпус штемпеля поднимается и уменьшает величину наполнения коробок. Таким путем можно регулировать наполнение прессовых коробок у пресса Вольф-Буккау.

10. Поршневые прессы

Поршневой пресс с гидравлическим приводом. Аппараты для формования изделий, не требующих высокого давления, изготовляются по

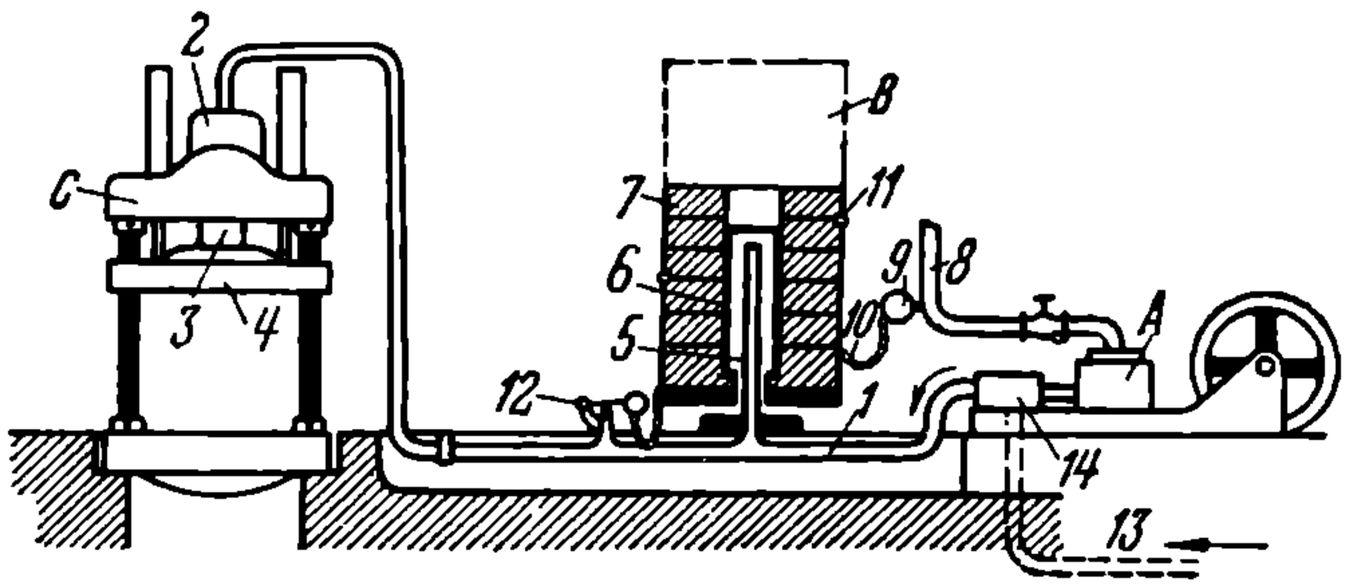


Рис. 208. Схема установки поршневого пресса.

одному из ранее перечисленных типов, и изготовление их для прессования изделий, требующих применения особенно высокого давления, помимо конструктивных затруднений, вызвало бы значительное увеличение их размеров.

В виду этого для высоких давлений изготовляются поршневые прессы с гидравлическим приводом, действие которых основано на несжимаемости жидкости.

Основной частью такого пресса является цилиндр, поршень которого сообщает давление материалу. На рис. 208 изображена схема устройства поршневого (гидравлического) пресса, состоящего из трех основных частей — собственно пресса *C*, аккумулятора *B* и насоса *A*. Согласно схеме, паровым насосом *A* вода под давлением подается по трубопроводу *1* к цилиндру *2* гидравлического пресса *C*.

Вода, поступившая в цилиндр, давит на шток *3*, передающий давление подвижной платформы *4* пресса. Одновременно по тому же трубопроводу вода проходит через внутренний канал штока *5*, неподвижно укрепленного на фундаменте, и поступает во внутренний цилиндр *6*, на котором укреплены соответствующего веса грузы *7*. Пар к насосу поступает по трубе *8*, на которой установлен кран *9*, соединенный цепью

НБ УДУНТ (ДІІТ)

со стенкой аккумулятора в точке *10*. Назначение цепочки — закрывать кран в случае повышения предельного давления в установке. Так, например, при прохождении цепи в положении *10* кран открыт, а в положении *11*, при подъеме груза, кран закрывается, и доступ пара прекращается. С другой стороны аккумулятора показан предохранительный клапан *12* с цепочкой, выпускающий воду наружу, при перегрузке установки. Паровой цилиндр насосом *A* под действием пара, поступающего по трубопроводу *B*, засасывает воду по трубопроводу *13* в цилиндр насоса *14*, который передает ее по трубопроводу *1* в цилиндр *2* пресса.

Способы передачи давления воды на поршень и прессования материала схематически можно уяснить из рис. 209, на котором изображен стальной цилиндр *1* с помещающимся на нем поршнем *2*, соприкасающимся с цилиндром только в верхней части для уменьшения трения. В нижней части поршня устроен выступ *3*, предохраняющий от плотной посадки поршня на дно цилиндра. Для уплотнения места соединения поршня со стенками цилиндра устанавливается кожаная манжета *4*, на которую нажимает букса *5*. К верхней части поршня прикрепляется платформа *6*. Жидкость под давлением входит в нижнюю часть цилиндра по трубе *7*.

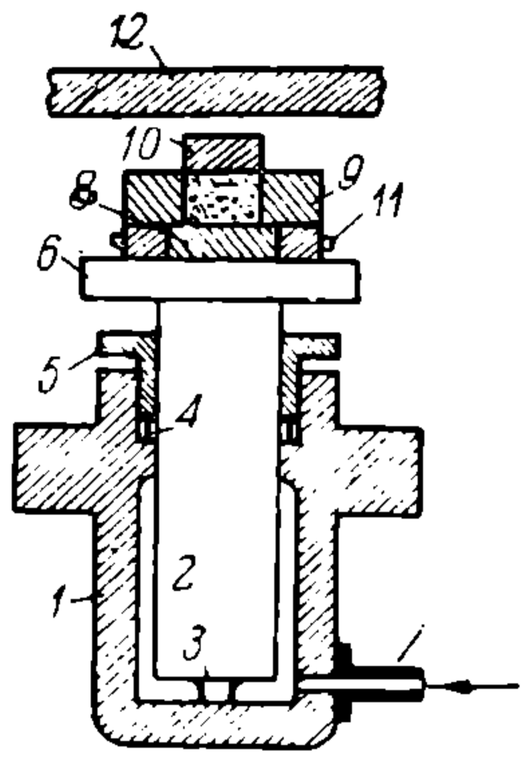


Рис. 209. Схема работы поршневого пресса.

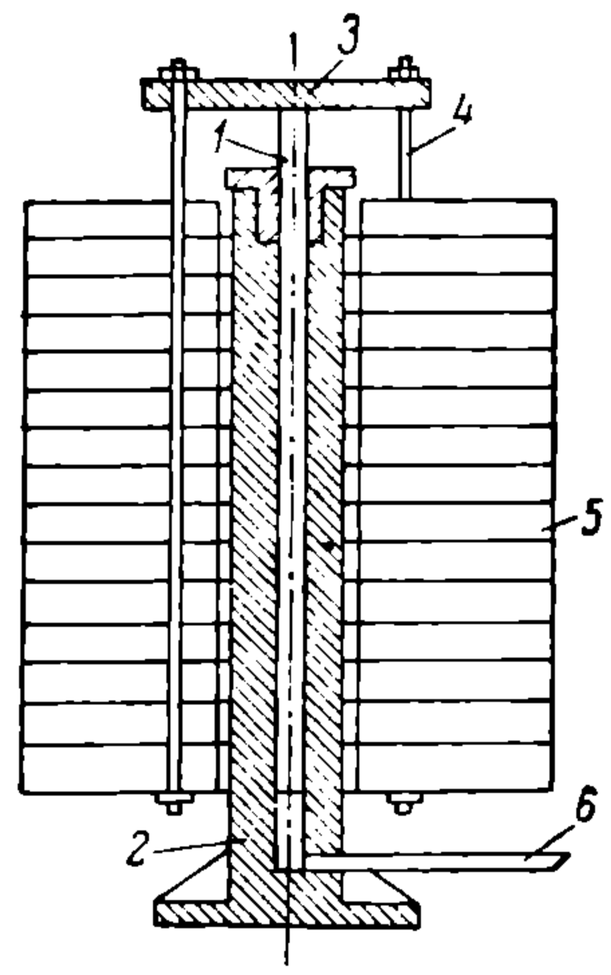


Рис. 210. Схема аккумулятора.

Схематически работа гидравлического пресса может быть представлена следующим образом. На платформу *6* ставится подставка *8*, на которую укладывается форма *9*, наполненная материалом. Сверху устанавливается сердечник *10*. После установки формы открывают вентиль низкого давления, и поршень *2* поднимается давлением и придавливает сердечник *10* с силой 20—40 *ат* к головке *12*; вследствие этого происходит удаление воздуха из массы и незначительное сжатие материала. Затем закрывают вентиль низкого давления и открывают вентиль высокого давления (200—300 *ат*). После этого вентиль закрывают, и поршень *2* немного опускается. Посредством приспособления *11* ручным рычагом форму *9* немного приподнимают, и подставка *8* вытягивается. Затем открывают вентиль низкого давления, вследствие чего сердечник придавится к головке и вытолкнет плитку в гнездо, освобожденное подставкой *8*. Затем приспособлением *11* спрессованная плитка освобождается от формы. Весь процесс длится несколько секунд. При больших производствах работа ведется с несколькими формами: одна из них наполняется материалом, в другой происходит его прессование, а из третьей вынимается отформованный материал.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Для поддержания постоянного давления в установке пресса служит аккумулятор, изображенный на рис. 210 и состоящий из вертикального плунжера *1*, вставленного в цилиндр *2* и сообщающегося с питательной трубой *6* насоса. К верхней части плунжера — головке *3* на болтах *4* навешивается соответствующий груз *5*. Величина груза рассчитывается так, чтобы при данном сечении малого цилиндра он производил давление несколько большее, нежели максимальное давление в прессе.

Вес груза можно подсчитать по следующей формуле:

$$G = \frac{\pi d^2}{4} \cdot P.$$

Гидравлические прессы бывают с давлением на материал сверху, как показано на схеме рис. 208, а также и снизу. Рис. 211 изображает пресс

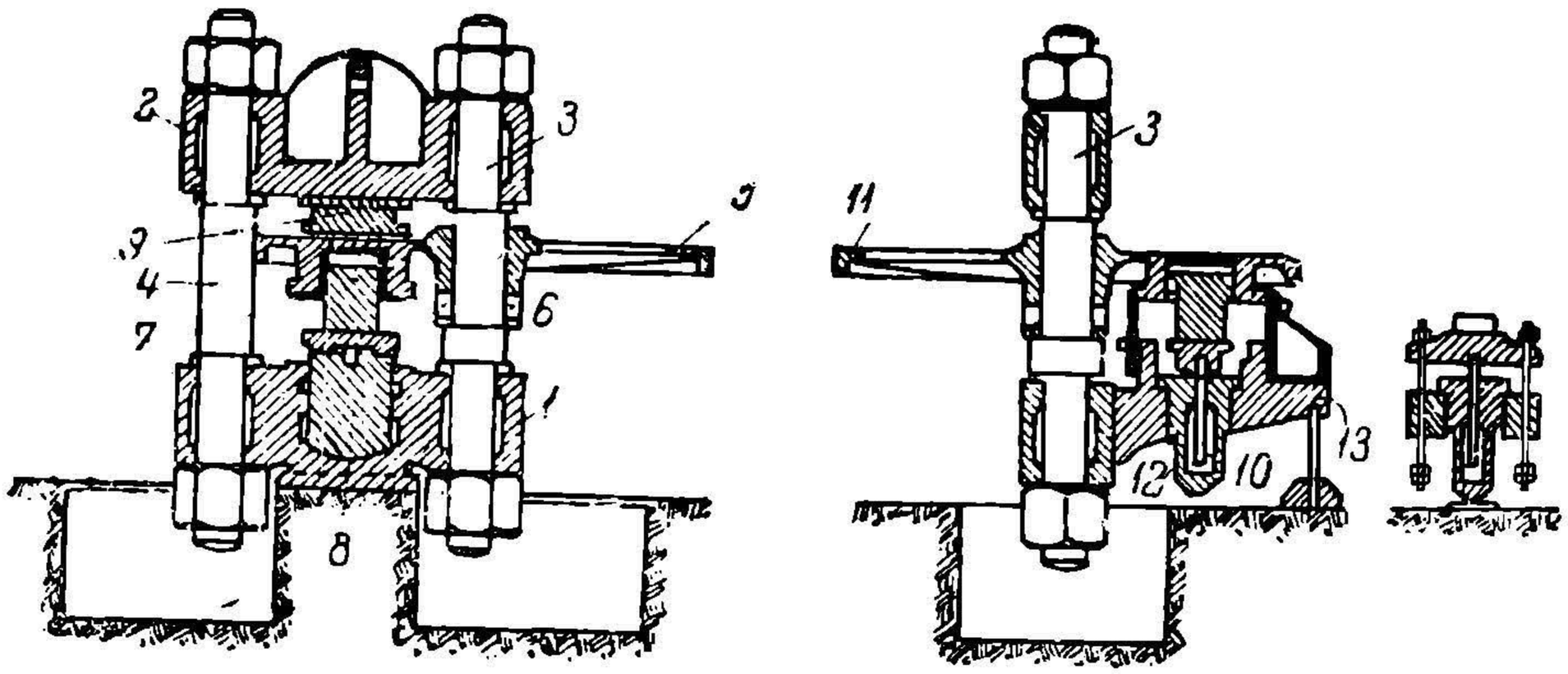


Рис. 211. Поршневой пресс (с поворотным столом).

системы Бринк-Гюбнер с поворотным столом, снабженным четырьмя формами и с нижним давлением штемпеля на материал. Пресс состоит из рамы *1* цилиндрической формы, установленной на фундаменте. В отверстиях рамы укреплены в обойме *2* колонны *3* и *4*. На оси колонны *3* укреплен подвижной круглый стол *5* на шариковом подпятнике *6*. В столе устроены гнезда для форм, дном которых служат вращающиеся вместе с формой штемпели *7*. Давление на засыпанный в форму материал производится поршнем *8* и неподвижным верхним штемпелем *9*. При ходе поршня вниз стол поворачивается на $^1/_4$ окружности, и форма помещается над поршнем *10*, назначение которого освободить сырец из формы и подать его на поверхность стола. Стол поворачивается посредством рукоятки *11*.

Для поддержания стола служат кронштейн *12* и подставка *13*.

Общий вид установки гидравлического пресса показан на рис. 212.

Приведем некоторые из расчетных данных для гидравлических прессов, а именно: определение коэфициента полезного давления поршня на изделие и определение степени давления поршня на изделие.

Коэфициент полезного давления поршня на изделие определяется следующим расчетом.

НВ УДУНТ (ДІІТ)

Согласно рис. 213 отношение давления действующих на поршни *1* и *2* можно выразить следующим уравнением:

$$\frac{P_0}{p_0} = \frac{D^2}{d^2} \cdot \qquad \text{(а)}$$

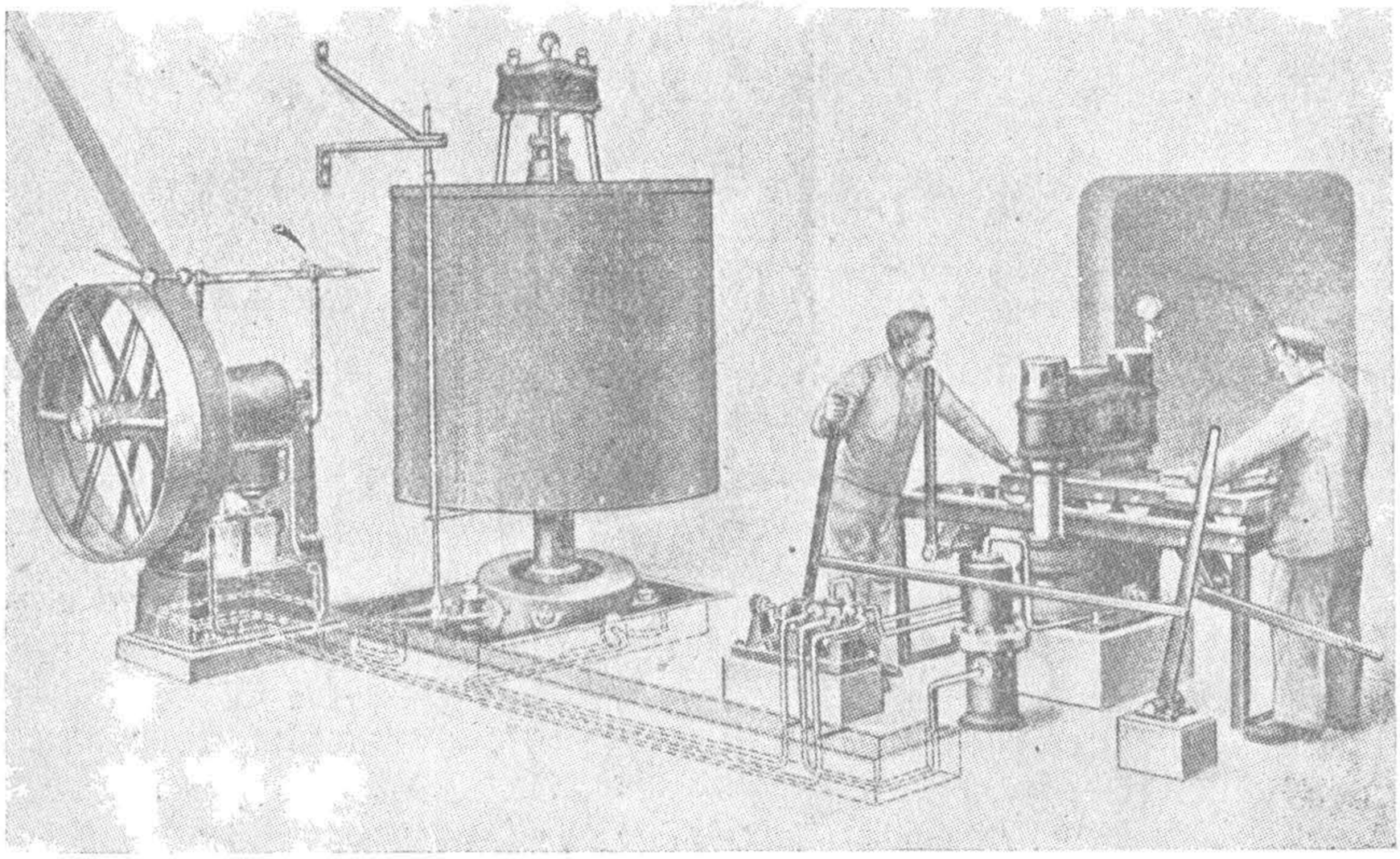


Рис. 212. Общий вид установки поршневого пресса.

Практически же вследствие сопротивления трения, которое оказывают манжеты поршней во время работы пресса, это уравнение будет:

$$\frac{P_0}{p_0} = \frac{D^2}{d^2}\,\eta_1\,, \qquad \text{(б)}$$

где η_1 — коэфициент, учитывающий силы трения в прессе.

Но давление поршня *1* на прессуемое изделие будет:

$$P_0 = \frac{P \cdot \pi \cdot D^2}{4} - E_0 =$$

$$= P\,\frac{\pi \cdot D^2}{4} - P \cdot f \cdot \pi \cdot D \cdot H_0.$$

Давление же малого поршня *2* на воду уменьшается на величину

$$e_0 = P \quad f \cdot \pi \cdot d \cdot h_0.$$

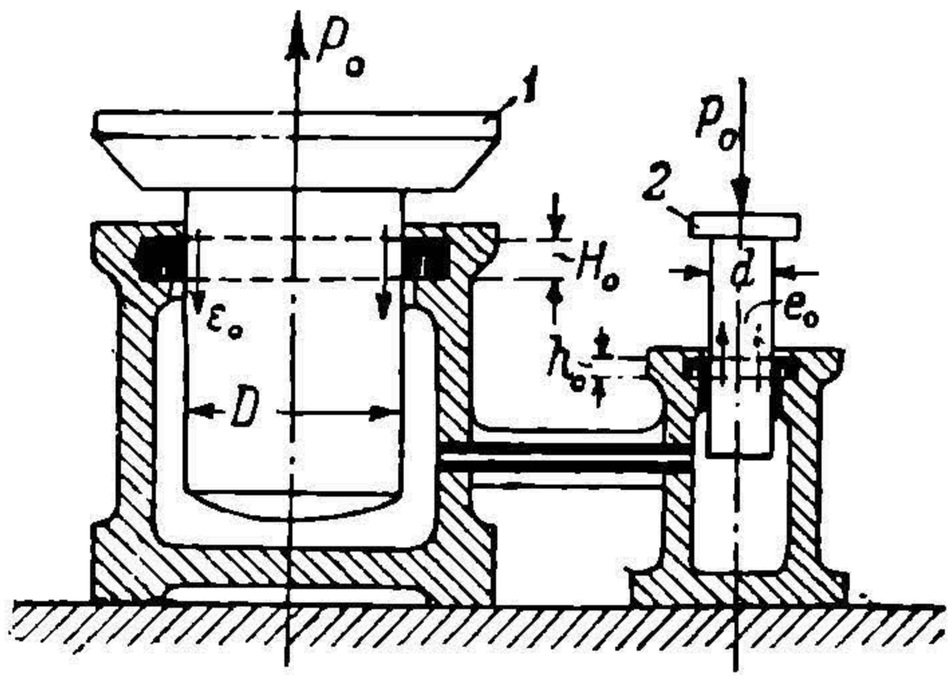


Рис. 213. Схема распределения усилий в поршневом прессе.

Таким образом для получения давления P_0 на большом поршне малый поршень должен давить на воду с силой

$$p_0 = P \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} + e_0 = P\,\frac{\pi \cdot d^2}{4} + P \cdot f \cdot \pi \cdot d \cdot h_0.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Подставляя значения P_0 и p_0 в нашу формулу (а), получим:

$$\frac{P \cdot \pi \cdot D^2 - 4 \cdot P \cdot f \cdot \pi \cdot D \cdot H_0}{P \cdot \pi \cdot d^2 + 4 \cdot P \cdot f \cdot \pi \quad d \cdot h_0} = \frac{D^2}{d^2};$$

или

$$\frac{P \cdot \pi \cdot D^2 \left(1 - 4 \cdot f \frac{H_0}{D}\right)}{P \pi d^2 \left(1 + 4 f \frac{h_0}{d}\right)} = \frac{D^2}{d^2};$$

или

$$\frac{P_0}{p_0} = \frac{D^2}{d^2} \cdot \left(\frac{1 - 4 \cdot f \frac{H_0}{D}}{1 + 4 \cdot f \frac{h_0}{d}}\right) = \frac{D^2}{d^2} \cdot \eta_1;$$

или из формулы (б) получаем:

$$\eta_1 = \left(\frac{1 - 4 \cdot f \cdot \frac{H_0}{D}}{1 + 4 \cdot f \cdot \frac{h_0}{d}}\right).$$

Коэфициент трения f манжеты о поршень колеблется в пределах от 0,1 до 0,2.

Определение степени давления поршня на изделие подсчитывается по следующей формуле:

$$P \cdot F_0 = P_1 \cdot F_1,$$

или

$$P_1 = \frac{P \cdot F_0}{F_1}.$$

Поршневой пресс с вращающимся столом (системы Шпенглера). Поршневой пресс с вращающимся столом системы Шпенглера отличается от рычажных и поршневых прессов с поворотным столом тем, что у него наполнение форм материалом, операции малого и большого давлений на массу, выталкивание сырца и снятие его со стола совершается при непрерывно движущемся столе.

В основном конструкция пресса состоит из собственно пресса (рис. 214) и гидравлических уравнителей давлений (рис. 215).

Пресс состоит из основной рамы *1*, устанавливаемой на бетонном фундаменте *2*; через раму проходит колонна *3*, к которой прикрепляется другая рама *4*. В основной раме устанавливаются поршни *5*. На колонну на шариковом подшипнике насаживается букса *6*, служащая седлом для вращательного стола *7*. На обод стола насаживается шестерня *8*, приводимая во вращение приводным шкивом через червячную передачу *9* и шестерню *10*. На столе на стойках *11* устанавливается платформа *12*, а в верхней части буксы *6* закрепляется другая платформа *13*.

На столе *7* устанавливаются поршни *14* с прикрепленными к ним штемпелями *15* снабженными пластинками.

Штемпели *15* оборудованы роликами *16*, катящимися по направляющим *17*.

Подобная же установка имеется в верхней платформе, причем здесь у верхних штемпелей имеются добавочные ролики *19*, которые, набегая на подъемный сектор *20*, заставляют подниматься штемпели *18*.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Заполнение прессовых коробок массой осуществляется загрузочным устройством.

Для съема сформованных изделий на прессе устанавливается съемное приспособление.

Для осуществления самого прессования массы каждый пресс снабжается двумя уравнителями давлений — малого (около 40 *кг/см²*), или

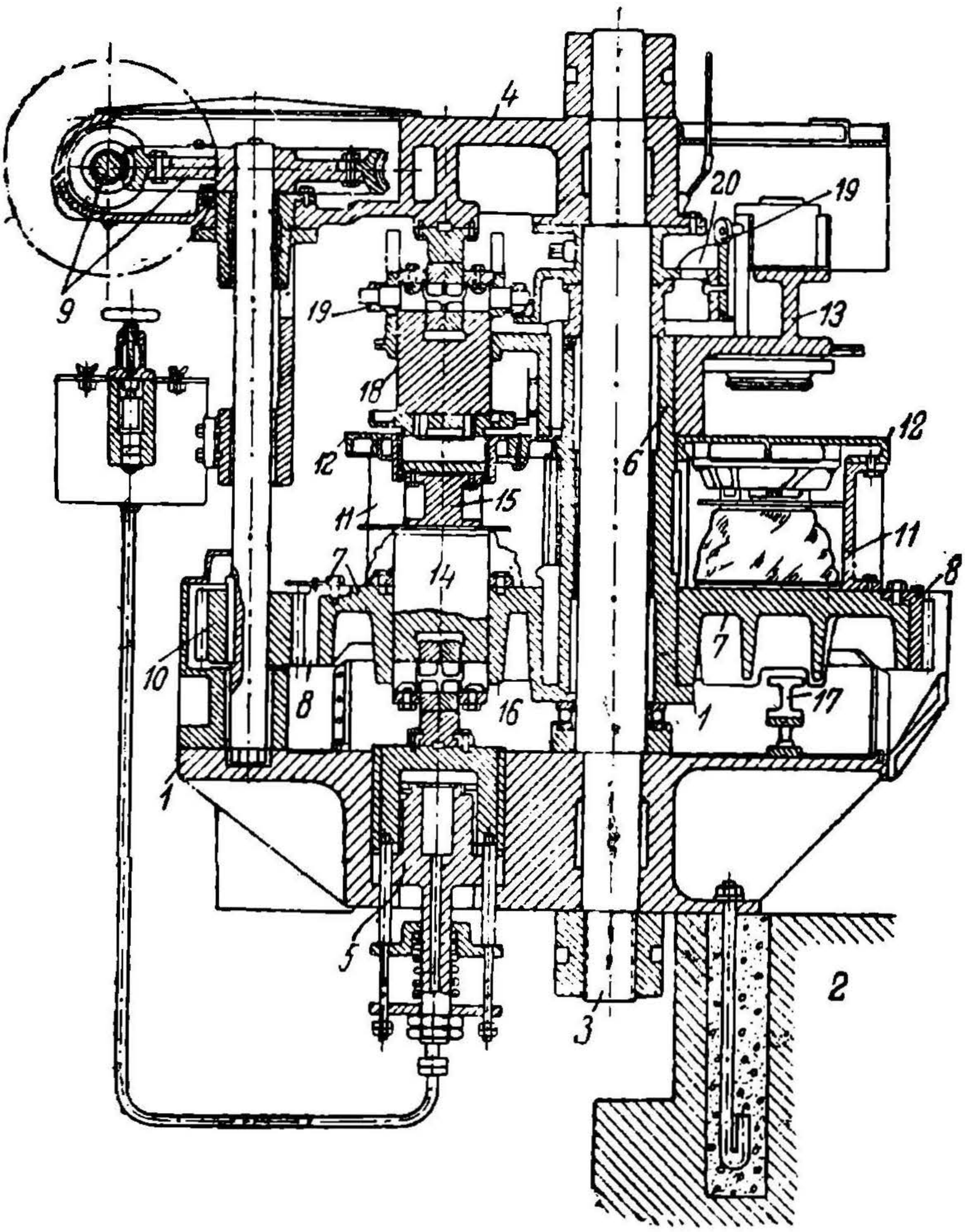


Рис. 214. Поршневой пресс (с вращающимся столом).

предварительного, и большого (свыше 100 *кг/см²*), или окончательного. Схематически гидравлический уравнитель давлений показан на рис. 215. Согласно рисунку, в основной раме *1* устанавливается поршень *2*, шток которого просверлен по вертикали. В верхней части поршня сделана заточка для пружины *3*. Просверленный шток поршня посредством трубок соединяется с вентильными коробками, которые в свою очередь сообщаются с резервуарами *4* и *5*.

НВ УДУНТ (ДІТ)

На поршень *2* надевается колпак *6*, с четырьмя болтами *7*, свободно проходящими сквозь шток и основную раму. Болты служат для ограничивания подъема колпака, упираясь при подъеме гайками в платформу стола. Под действием пружины *3* колпак поднимается вверх и создает вакуум в пространстве между поршнем и колпаком.

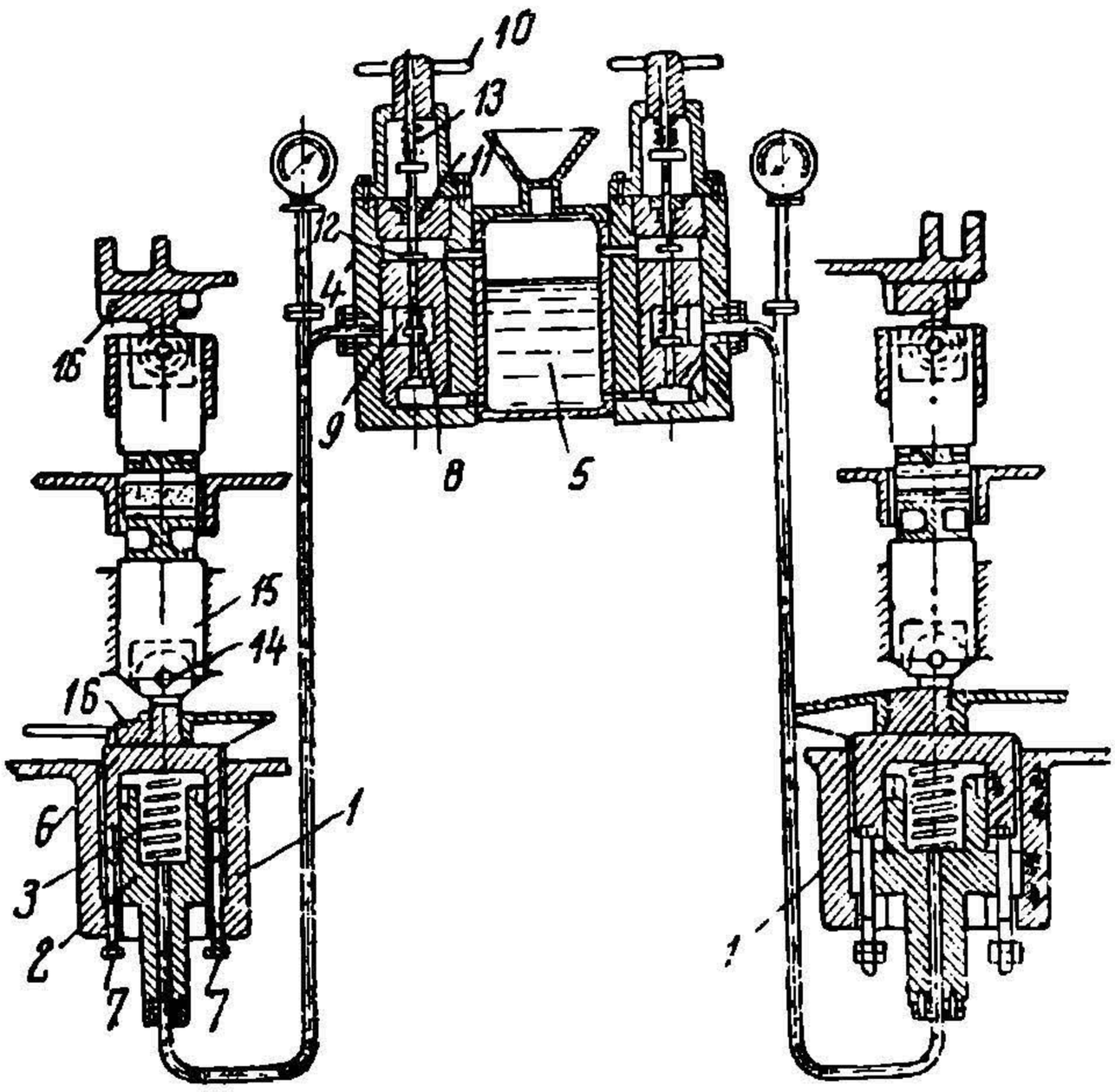


Рис. 215. Гидравлический уравнитель давлений.

Под влиянием вакуума клапан *8* поднимается, преодолевая нажатие пружины *9*, тем самым создаются условия для переливания воды из резервуара в пространство между поршнем и колпаком.

В верхней части коробки установлен маховичок *10*, снабженный стержнем *11* с пружиной *13*, оканчивающийся клапаном *12*.

Вращением маховичка и действием на пружину можно увеличить или уменьшить степень нажатия клапана на седло.

В период прессования ролик *14* поршня *15* давит на подушку *16*, имеющую возможность опускаться вниз вместе с колпаком *6*. В случае если давление прессования превзойдет установленное давление нажатия

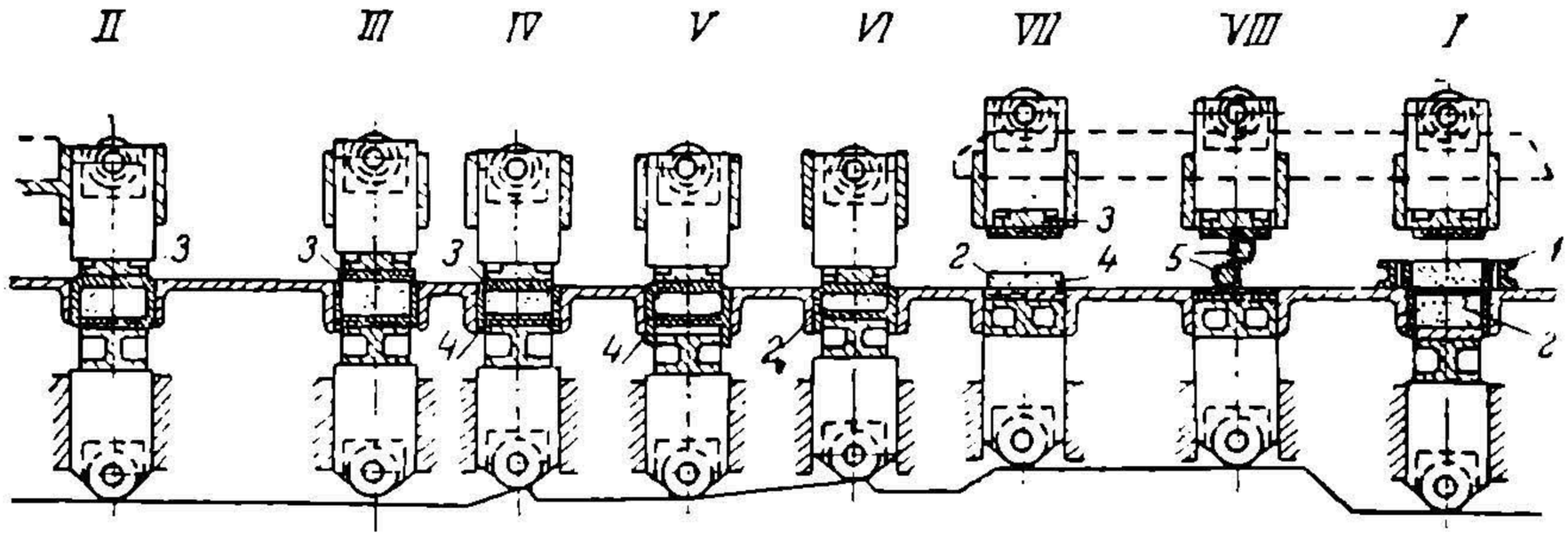


Рис. 216. Процесс формования сырца на поршневом прессе.

клапана *12*, произойдет поднятие последнего, и вода перельется в резервуар. Давление прессования в этом случае будет установившимся.

На рис. 216 показана схема формования сырца на прессе системы Шпенглера.

I — наполнение формы *1* смесью *2*; *II* — первое прессование смеси собственным весом; *III* — удаление из смеси воздуха при подъеме штем-

НБ УДУНТ (ДІІТ)

пеля *3*; *IV* — второе прессование смеси штемпелями верхним *3* и нижним *4* (давление на смесь 100—130 *кг/см²*); *V* — удаление из смеси воздуха при опускании штемпеля *4*; *VI* — третье прессование смеси (давление 200—300 *кг/см²*); *VII* — выталкивание сырца; *VIII* — очистка щетками *5* поверхностей штемпелей. Весь цикл операций прессования приблизительно продолжается 6—10 сек.

Для контроля степени давления при прессовании предусмотрены манометры.

Одной из главных особенностей работы пресса системы Шпенглера является то, что прессование массы как при первоначальном, так и окончательном давлениях, совершается всегда при установленном давлении, независимо от степени влажности массы, ее гранулометрического состава и от степени наполнения коробок.

Пресс применяется для полусухого способа прессования в шамотовом, клинкерном и других производствах.

11. Пресс вальцовый с лентой [1]

(Листовая машина)

Для приготовления из асбоцементной массы плит служит пресс, изображенный на рис. 217.

Пресс состоит из трех частей, а именно: ситовой, всасывающей и прессующей.

Ситовая часть состоит из двух металлических ящиков прямоугольной формы, оборудованных каждый вращательным цилиндрическим ситом. Чтобы смесь не оседала в углах, образуемых продольными стенками и дном ящика, здесь по обеим сторонам двух цилиндрических сит поставлены две мешалки *1*, делающие по 180 оборотов в минуту. Для предохранения валов мешалок от быстрого изнашивания на них насаживаются обточенные чугунные буксы, которые в случаях износа подлежат замене. Для приведения в движение мешалок служат цепи с зубчатками.

С цилиндрическими ситами соприкасаются отжимные барабаны *2*, изготовленные из бука и обернутые войлоком. Барабаны закреплены в подшипниках со сменными вкладышами и сконструированы таким образом, что могут быть передвигаемы вдоль.

Между обжимными барабанами и цилиндрическими ситами проходит бесконечный ленточный транспортер из войлока *3*.

Поступление асбоцементной массы в ящик с цилиндрическим ситом происходит через поворотные щитки. Для предотвращения попадания массы непосредственно на поверхность сит между впускным отверстием и поверхностью цилиндра устраивается деревянная перегородка *4*.

Как только материал поднимется в ящике на такую высоту, что коснется металлического сита (диаметром около 720 *мм*), вращающегося с окружной скоростью 18—35 *м* в минуту, сито принимает на себя слой материала толщиной около $^1/_2$ *мм* и передает его на бесконечную войлочную ленту *3*, которая дальше пропускается через всасывающее устройство, служащее для обезвоживания материала и затем отдает его форматному барабану.

Цилиндры, служащие для образования асбоцементной ленты, обтянуты металлическими ситами, на которых оседают волокна асбеста, тесно связанные с цементом, тогда как вода проходит сквозь отверстия

[1] В. В. Эвальд и Н. П. Ваганов, Асбоцементное производство, 1931.

НТБ УДУНТ (ДІІТ)

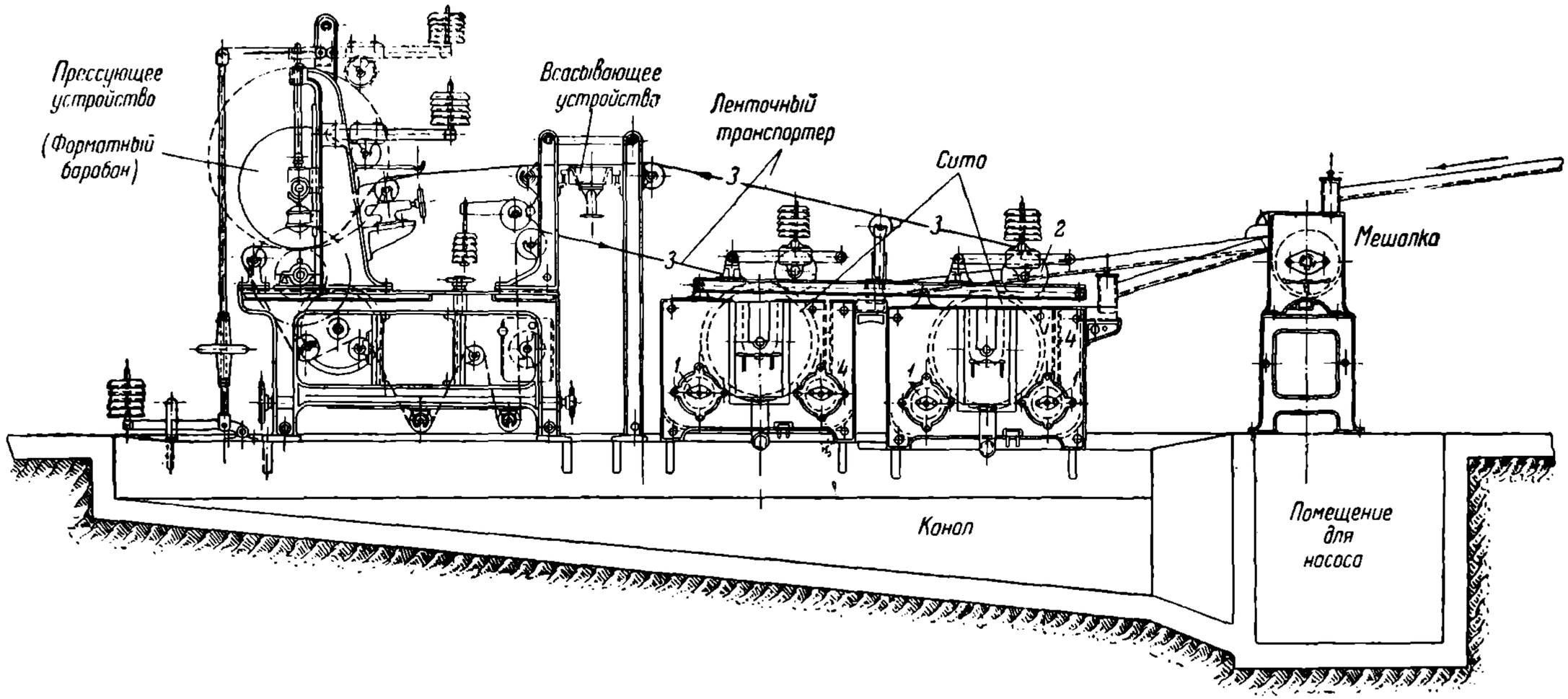


Рис. 217. Пресс вальцовый с лентой

НБ УДУНТ (ДІІТ)

внутрь цилиндров и направляется наружу. Для передачи материала войлочной ленте служат отжимные барабаны *2*, а для лучшего соприкосновения сита с отжимным барабаном последний снабжается чугунными грузами.

Для более совершенного напластования материала отжимные барабаны, соприкасающиеся с цилиндрическими ситами, делаются различных диаметров, например 250 и 300 *мм*.

Вследствие сильного давления отжимного барабана на цилиндрическое сито случается иногда, что волокна асбеста застревают в петлях сита; это в свою очередь нарушает гладкость получаемого ленточного материала.

Для очистки и промывки поверхности сита во время работы в надлежащих местах стенок ящика установлены передвижные медные трубки, подводящие воду. Для основательной очистки ящика цилиндрического сита в самой нижней точке его устраивается клапан, который открывается и закрывается рычагом, управляемым снаружи.

Как уже упоминалось раньше, отжимные барабаны оказывают сильное давление на цилиндр сита во время длительных остановок агрегата. Такая односторонняя нагрузка на поверхности сита вызывает потерю ситом цилиндрической формы, а следовательно и возможности получения материала равномерной толщины.

Для предупреждения этого недостатка, а также из-за необходимости быстрого освобождения всего цилиндра для промывки и пр., направляющие рычаги, в которых укреплен барабан, установлены на двух U-образных опорах, дающих возможность легкого поворота барабанов. Над ситами барабанов в верхней части здания обычно ставятся лебедки, помощью которых отжимные барабаны можно поднимать вверх, освобождая тем самым цилиндрические сита.

Слой материала, поступающий с цилиндрических сит, передается затем бесконечной войлочной лентой, двигающейся по направляющим деревянным валикам, обтянутым войлоком, во всасывающее устройство, имеющее целью уменьшение влажности.

Всасывающее устройство состоит из чугунного, сверху закрытого корыта, в дне которого устроено отверстие, соединяющее внутреннюю часть корыта посредством металлического трубопровода с трехцилиндровым всасывающим насосом, установленным на особом фундаменте.

Пройдя всасывающее приспособление, материал на ленточном транспортере поступает в промежуток между отжимным и форматным барабанами и, вследствие бóльшего сцепления ленты из асбестовых волокон и цемента с форматным барабаном, материал наслаивается на последний, а освобожденный войлок посредством направляющих роликов возвращается к цилиндрическим ситам.

Войлочный транспортер представляет собою бесконечную ленту, сделанную из толстого полубумажного войлока, остриженного с одной стороны; войлок должен быть проницаем для воды.

Этот транспортер, находящийся между отжимным и форматным барабанами, приводится в движение силой трения. Транспортер в свою очередь приводит в движение цилиндрические сита.

Для регулирования движения войлока и предотвращения уклонения в сторону при обратном его уходе устанавливается особый регулятор,

НБ УДУНТ (ДІІТ)

состоящий из вальца, передвижных подшипников, шпинделей и ручных колес.

Пройдя натяжное устройство, ленточный транспортер проходит через промывное приспособление, состоящее из укрепленных на оси бил, ударяющих по транспортеру; била вращаются со скоростью 120—130 *об/мин*.

С ленточного транспортера асбоцементная смесь, как сказано выше, передается форматному барабану.

Форматный барабан состоит из чугунного полого цилиндра с крестовинами по бокам, на которых укреплена втулка с проходящей сквозь нее осью, покоящейся на выдвижных подшипниках. Поверхность барабана весьма тщательно обточена и отшлифована, а в целях предохранения от ржавчины обработана специальным раствором.

Чтобы при больших размерах форматного барабана материал не отделялся от его поверхности под влиянием собственной тяжести, над верхней частью барабана помещается нажимной ролик. Для возможности замены одного форматного барабана другим, иного размера, подшипники барабанов снабжаются легко сменяемыми металлическими буксами.

В момент освобождения готового листа с форматного барабана, последний падает на отжимной барабан, чтобы сразу принять новое количество материала, беспрерывно подводимого транспортером. Толчок от этого падения воспринимается масляным, воздушным или резиновым передвижным буфером, устроенным непосредственно под подшипниками форматного барабана. Для увеличения или уменьшения давления отжимной барабан снабжается регулирующим приспособлением с применением рычагов или чугунных грузов.

Далее форматный барабан сильно прижимается к войлочной ленте и в силу сцепления непрерывно принимает на себя слой поступающего на него материала, наматывая его на себя.

По достижении материалом требуемой толщины сигнальный прибор включает звонок, после чего мастер проводит по образующей барабана резцом, разрезает материал, охватывающий форматный барабан, и получает таким образом с него сырой лист асбоцемента.

Освобожденный от материала войлочный транспортер посредством нижней направляющей возвращается к цилиндрическому ситу, чтобы снова начать те же операции. Полученный сырой лист асбоцемента снимается с форматного барабана и кладется на деревянный разгрузочный стол, установленный рядом с машиной на ее продолжении. Размеры разгрузочного стола делаются соответственно формату материала. Снимать листы с форматного стола нужно с большой осторожностью, так как асбоцементные полосы очень тяжелы в сыром виде и от собственной тяжести могут разорваться.

Б. ТРАМБОВАНИЕ

Помимо прессования уплотнение массы может осуществляться также и трамбованием.

Для производства крупных фасонных изделий некоторые заводы применяют пневматическое трамбование, которое дает хорошие по качеству изделия, обладающие равномерной, плотной структурой, большой механической прочностью и хорошей термической устойчивостью.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Процесс трамбования массы осуществляется трамбовками, действующими сжатым воздухом (6—7 *ата*). Механизмы, работающие сжатым воздухом, нами были охарактеризованы в гл. I.

Рис. 218 изображает молоток для пневматического трамбования массы.

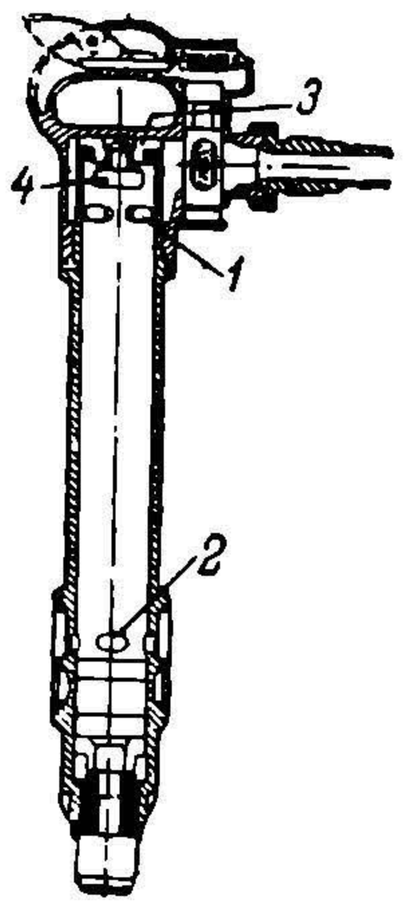


Рис. 218. Молоток для пневматического трамбования массы.

Способ работы указанной установки заключается в следующем. Поршень воздушного насоса при движении вверх создает разрежение воздуха в цилиндре, и боек молотка поднимается вверх, перекрывая щель *1* и клапан *4*. При движении поршня насоса вниз воздух в цилиндре насоса сжимается и проходит в цилиндр молотка сначала через отверстие *3*, а затем через *1*. В это время боек направляется вниз и производит удар. Когда боек пройдет отверстие *2*, сжатый воздух через обратные клапаны, закрывающие отверстие *2*, выходит наружу.

Формы, в которых должно осуществляться трамбование, в целях сокращения времени лучше делать разъемными.

Способ трамбования состоит в следующем: в металлическую форму, установленную на плите, набрасывается тонкий слой массы, уплотняемый трамбовкой. Затем поверхность слоя слегка разрыхляют царапкой, набрасывают следующий тонкий слой и снова трамбуют. Так продолжают

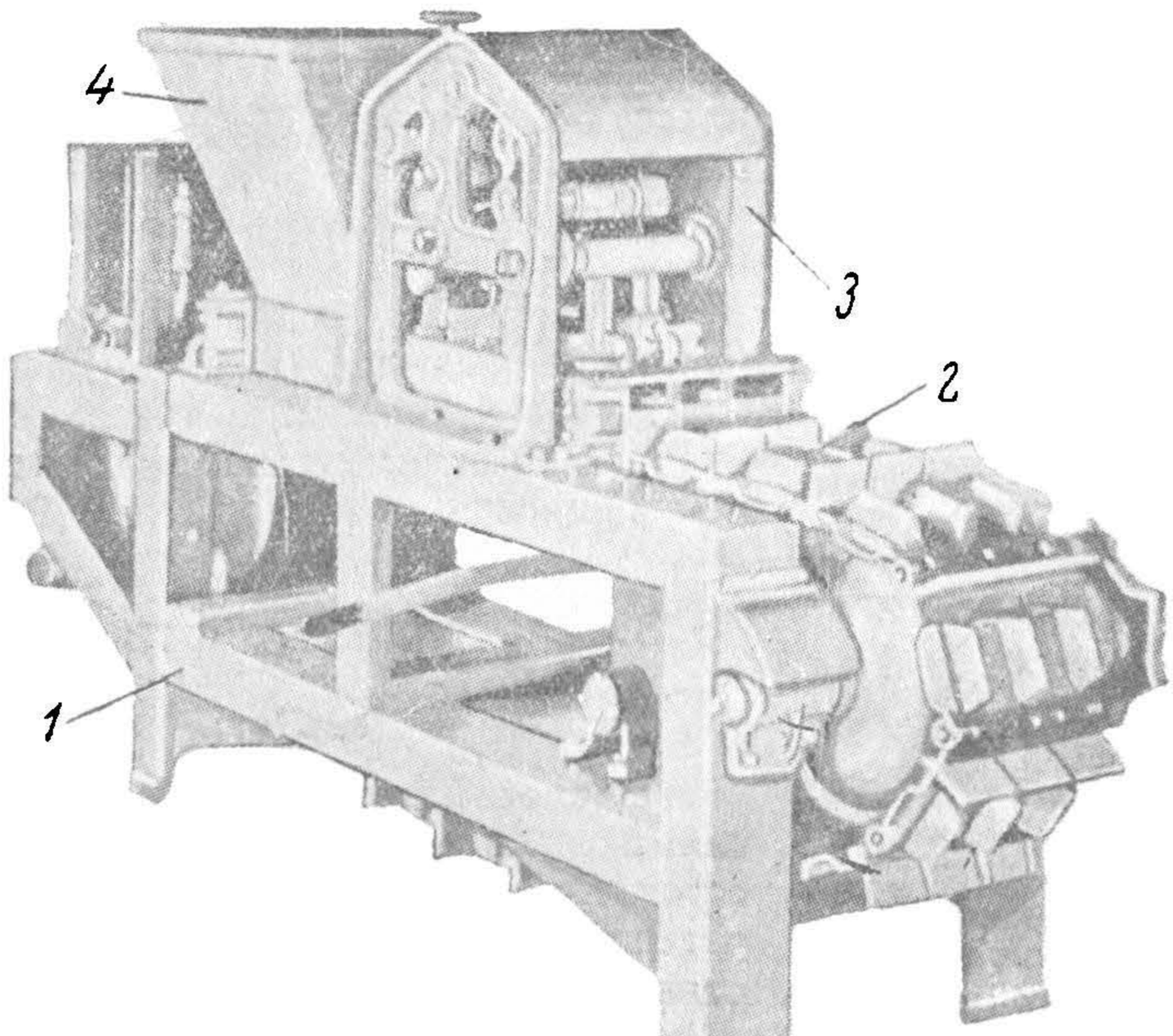


Рис. 219. Пресс для механического трамбования массы.

до окончательного заполнения формы. Увлажнение массы при пневматическом трамбовании, например, для шамотовых изделий колеблется от 6 до 8%.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Кроме пневматического способа трамбования массы, имеет место и механический способ трамбования.

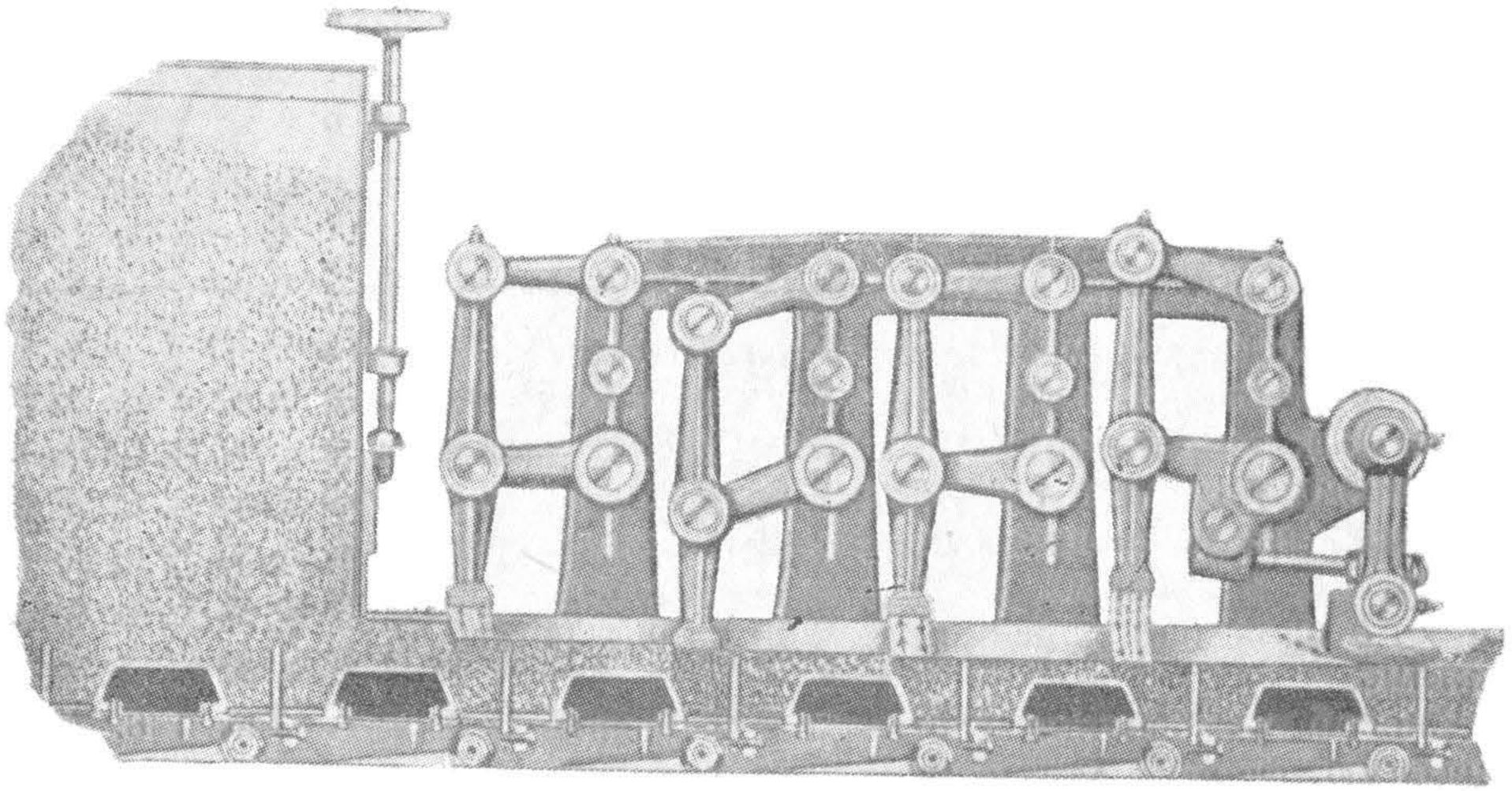
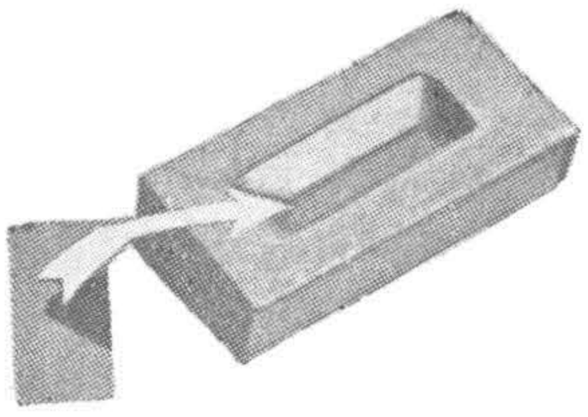


Рис. 220. Способ питания пресса материалом и процесс трамбования.

На рис. 219 изображен пресс системы W. E. Dunn, служащий для трамбования массы. Пресс состоит из станины *1*, на которой укреплен транспортер *2*. На станине установлены прессующее приспособление *3* и питательная воронка *4*.



Способ питания пресса материалом и процесс трамбования видны из рис. 220.

На рис. 221 показан тип кирпичей, изготовленных трамбованием.

Производительность пресса составляет около 1500 штук сырца в час, при потребной мощности двигателя около 2 *ЛС*.

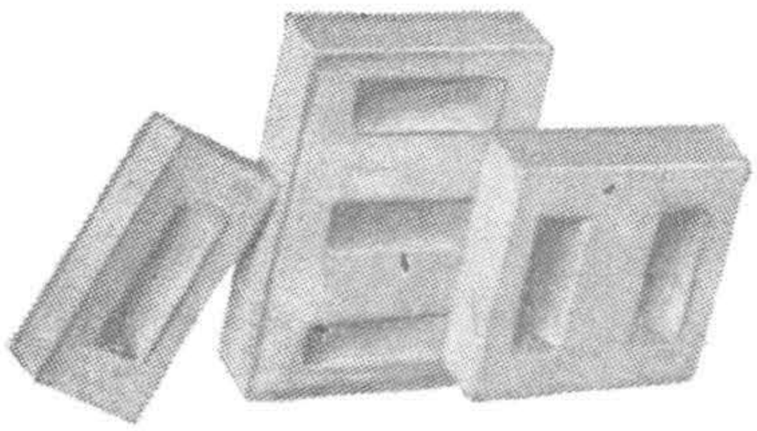


Рис. 221. Тип кирпичей, изготовленных трамбованием.

§ 3. Свободное уплотнение массы

1. Литье

Этот способ формования изделий чрезвычайно распространен в промышленности строительных материалов. К достоинствам изделий, изготовляемых способом литья, относятся: равномерность состава изделия; одинаковая плотность; увеличение срока службы изделия; возможность работы с тощими массами (шамот).

Недостатками применения способа литья будут: необходимость иметь большой запас форм; быстрый износ форм; большой расход средств на их сушку.

Поскольку этот способ особого оборудования не требует, мы на описании его останавливаться не будем.

НБ УДУНТ (ДІТ)

2. Центробежный способ

Наиболее распространенные способы трамбования и литья массы не отвечают в должной мере условиям фабрично-заводского массового производства укрупненных изделий, вследствие присущих им недостатков и в первую очередь большой трудоемкости производственных процессов, механизация которых затруднена.

В последнее время в практике промышленности строительных материалов начали применять более совершенный способ формования — центробежный способ, который может применяться не только для бетонных и железобетонных изделий трубчатого сечения, но и для таких изделий, как пустотелые блоки, вентиляционные коробки, лестничные ступени, подоконники, плиты лестничных площадок и другие плиты.

Сущность центробежного способа изготовления изделий заключается в том, что на раме устанавливаются два вала с насаженными на концах их роликами, на которые помещается металлическая форма со съемными бандажами, опирающимися на ролики. Электродвигатель приводит во вращение вал с роликами, которые и передают вращение форме.

Во вращающуюся форму подается масса пластичной консистенции. Под действием центробежной силы частицы массы отбрасываются в наиболее удаленные от оси вращения точки, где и происходит уплотнение массы, причем это уплотнение сопровождается вытеснением некоторого количества воды.

Величина центробежной силы определяется по формуле:

$$P = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Примерная величина уплотнения бетонных труб на центробежных прессах составляет 1,5—2 *кг/см*².

Различают два типа центробежных прессов:

1) с принудительным вращением формы, и

2) со свободным вращением формы.

Преимущество центробежного способа с принудительным вращением формы заключается в том, что формы получаются более простыми, не требуется их тщательной балансировки для получения спокойного хода (без вибраций).

Недостатки этого способа состоят в следующем: сложная конструкция прессов; относительно большое время, потребное на установку и снятие формы с пресса, а следовательно и меньшая производительность последнего; сложность наполнения формы бетоном, так как это может производиться исключительно при помощи загрузочных приспособлений типа ложки; невозможно одновременно на одном и том же прессе изготовлять несколько труб.

Преимуществом центробежного способа с свободным вращением формы является: а) простая конструкция центробежного пресса, для изготовления и обслуживания которого не требуется высококвалифицированного персонала и сложного оборудования; б) быстрая установка и удаление форм с пресса; в) заполнение форм может производиться либо механически, либо при помощи питателей или вручную; г) при соответствующей конструкции пресса возможно одновременное изготовление нескольких труб (по данным заграничной практики до 6 шт.); д) при конструкции

НБ УДУНТ (ДІІТ)

формы по типу Нольце-Супериа допускается немедленное удаление готовой трубы из формы.

К недостаткам этого способа следует отнести: необходимость тщательной статической и динамической балансировки формы и более сложную конструкцию форм.

Несмотря на указанные выше недостатки центробежного способа с свободным вращением форм его преимущества настолько велики, что он получил в настоящее время наибольшее распространение у нас в СССР и за границей.

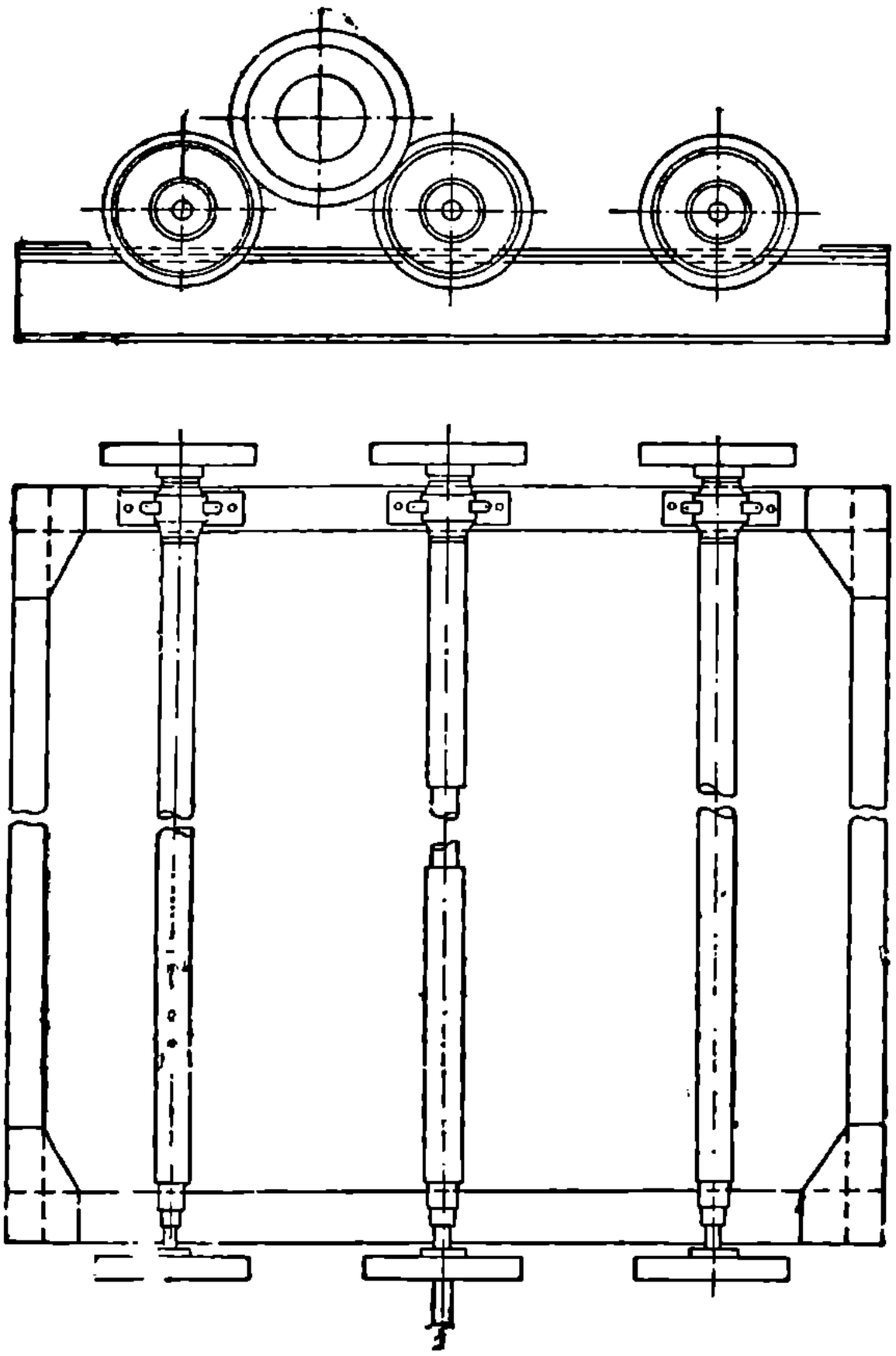


Рис. 222. Схема центробежного пресса.

Прессы для изготовления бетонных и железобетонных труб центробежным способом представляют собою склепанную из фасонного железа раму, на которой установлены шарикоподшипники с укрепленными на них валами. Один из валов, являющийся ведущим, при помощи соединительной муфты соединяется с электродвигателем. Другие валы обычно делаются передвижными для того, чтобы на одном и том же станке можно было изготовлять трубы различных диаметров.

Электродвигатель, приводящий во вращение станок, берется постоянного тока особой конструкции, допускающей изменение числа оборотов станка в широких пределах.

Формы для изготовления бетонных труб центробежным способом представляют собою цилиндр из котельного металла, разрезанный по оси на две части. В месте разреза к нему приварены уголки, при помощи которых он может отливаться с фасонными болтами. На полках уголков в плоскости разъема приварены стыковые планки. Имеющийся на одной планке выступ плотно входит во впадину с прокладкой, которая имеется в другой планке. Благодаря такого рода уплотнению форма получается водонепроницаемой.

На обоих концах цилиндра приварены разрезные фланцы. К последним болтами прикрепляются бандажи, на которых происходит катание формы на роликах. Между бандажом и фланцем зажимается торцевое кольцо, диаметр отверстия которого определяет внутренний диаметр

НБ УДУНТ (ДІІТ)

трубы, а следовательно и толщину стенок. Торцевое кольцо также имеет уплотняющую прокладку, уложенную в выточенном в торцевом кольце пазе.

На рис. 222 показано устройство центробежного пресса со свободным вращением формы, а на рис. 223 способ расположения изделий (ступеней) в форме.

Кроме охарактеризованных центробежных прессов с роликами применяют и другие типы прессов.

На рис. 224 показан центробежный пресс для формовки труб. Пресс состоит из рамы *1*, в нижней части которой установлен стол *2*, с приводом от шестерен *3*.

В верхней части устанавливается поперечина *4*, которая двигается по направляющим *5* и соединена с подвижным сердечником *6*, уравновешивающимся грузами *7*. На столе устанавливается форма *8*, в которую и направляется лотком *9* подлежащая формованию масса.

На сердечнике предусмотрены выступающие части *10*, укрепленные на шар-

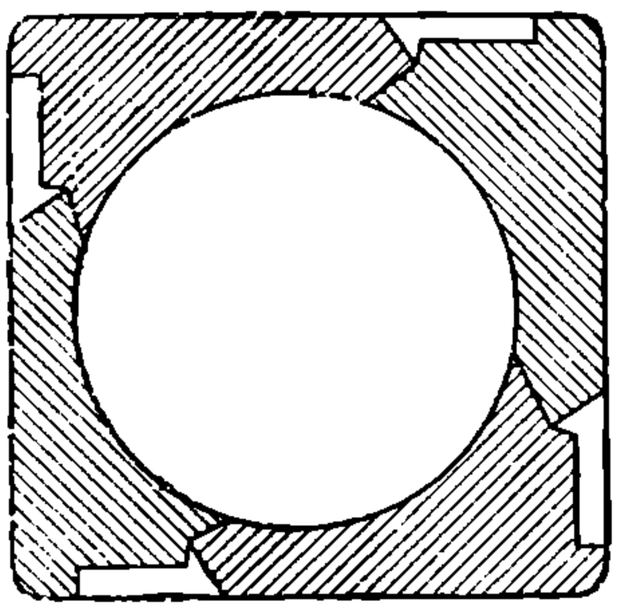


Рис. 223. Способ расположения изделий в форме.

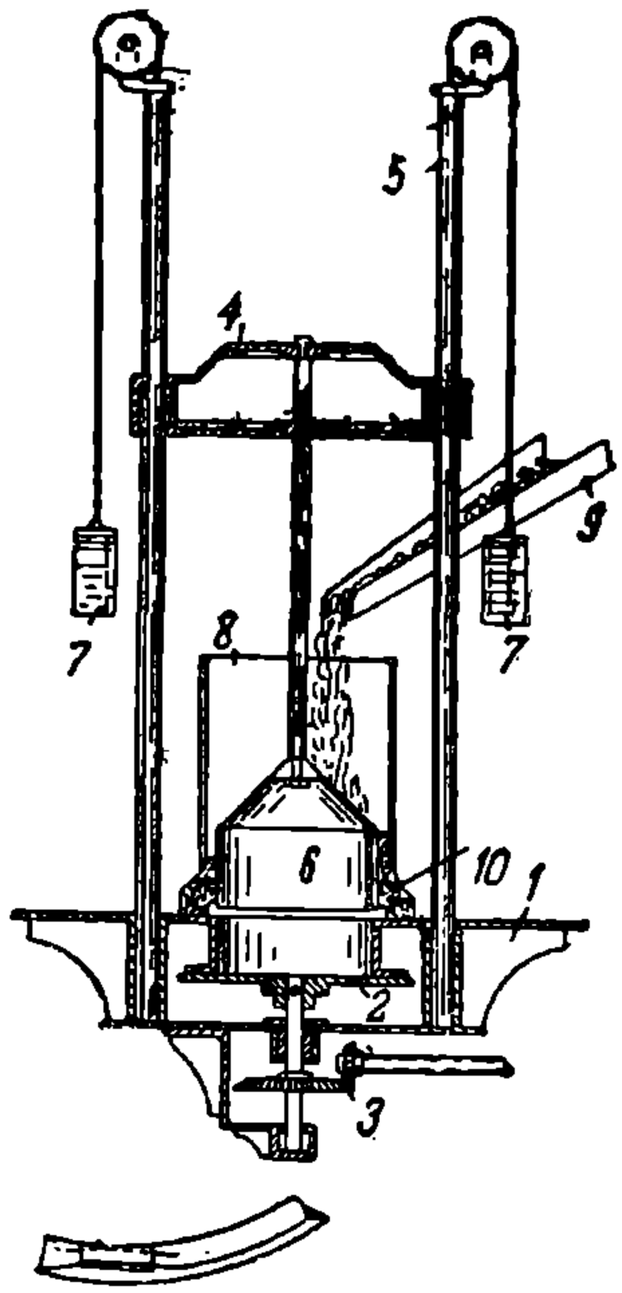


Рис. 224. Центробежный пресс для формовки труб.

нирах и служащие для дополнительного уплотнения массы (например бетона) во время формовки.

3. Вибрационный способ

Способ вибрации или сотрясения массы в последнее время получил довольно широкое распространение в нашей промышленности.

Вибрационный способ по сравнению с трамбованием имеет следующие преимущества: большие возможности изменения длины и ширины изделий; возможность одновременного изготовления нескольких изделий, если применять соответствующие формы; простота работы.

По теории Фрейсине сущность вибрации заключается в следующем. Под влиянием вибрации частицы смеси приходят в столкновения между собою, в результате которых между частицами появляется кинематическое трение, отчего масса становится более подвижной и частицы ее приобретают возвратно-поступательное и вращательное движение.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Одновременно частицы находятся под действием силы тяжести. Вследствие взаимодействия этих сил и большой подвижности массы частицы ее стремятся к наиболее устойчивому положению, объем массы уменьшается, а плотность ее увеличивается. Этому способствует удаление воздуха из массы во время вибрации.

Конструктивная характеристика вибрационных устройств нами была дана при описании вибрационных сит (см. «Аппараты для сортировки»).

Здесь также различают два способа вибрации: механический и электромагнитный.

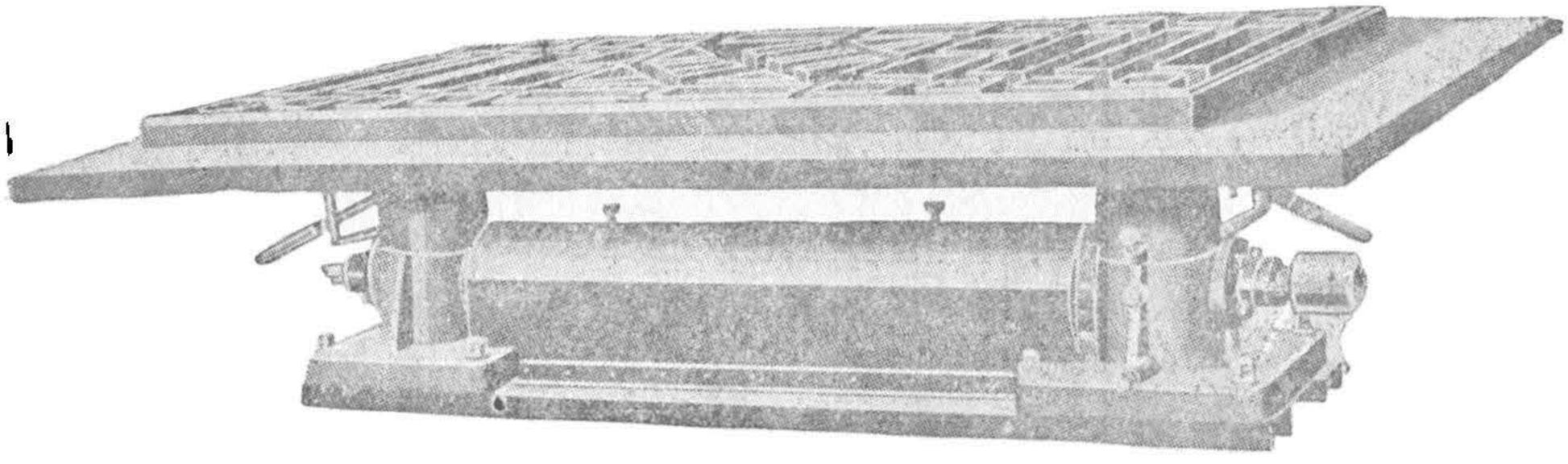


Рис. 225. Вибрационный механический пресс.

На рис. 225 изображен вибрационный механический пресс со столом, на котором уложена форма для массы. Характеристика пресса следующая:

наибольшая нагрузка	600 *кг*
размеры стола	. 2,5×1,1 *м*
число вибраций в минуту .	1500
потребная мощность двигателя	2 *ЛС*

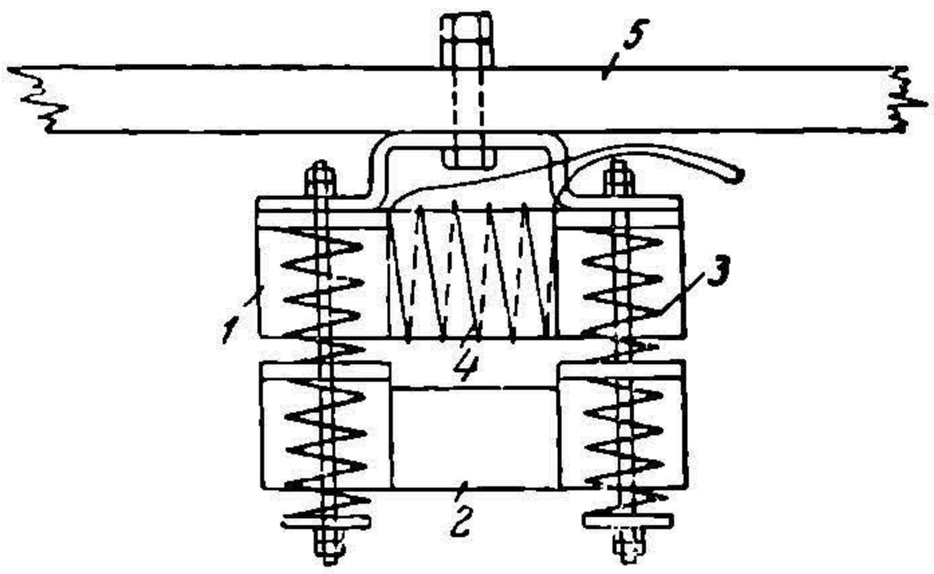


Рис. 226. Схема вибрационного электромагнитного пресса.

Рис. 226 изображает схему устройства электромагнитного вибратора, состоящего из керна *1*, электромагнитного якоря *2*, пружин *3*, обмоток *4* и стола *5*.

§ 4. Вакуумные устройства

Удаление воздуха из керамических, бетонных и других масс в процессе формовки имеет весьма важное значение. Во многих отраслях керамики, например производство фарфора, шамотовых изделий, канализационных труб, глиняного кирпича, черепицы и т. д., уже в настоящее время применяются прессы, оборудованные вакуумной установкой.

Основная цель обработки сырьевой массы состоит в придании ей однородности и пластичности. Присутствие пузырьков воздуха или других газов в массе приводит к уменьшению пластичности. И обратно, умень-

РБ УДУНТ (ДІІТ)

шение содержания воздуха в массе и сближение до известной степени ее частиц приводят к увеличению пластичности массы. Это обстоятельство было обнаружено американцем Стэлеем (H. F. Staley) в 1902 г., когда им впервые был запатентован способ удаления воздуха из массы в процессе формовки, но потребовалось почти 20 лет, прежде чем способ был конструктивно разрешен и начал применяться в промышленности.

На рис. 227 изображен вакуумный шнековый пресс, который состоит из корпуса *1* и двух шнеков *2* и *3*, расположенных один в верхней части, а другой в нижней части пресса. В передней части корпуса устроена камера *4*, соединенная трубопроводом *5* с вакуум-насосом. Между верхним шнеком и камерой установлена перегородка с отверстием *6*. Внутри камеры укреплен регулятор *7*.

К нижней части корпуса прикреплена головка *8*, оканчивающаяся мундштуком *9*, служащим для выпуска материала из пресса.

С другой стороны корпуса, на валу нижнего шнека, насажена букса *10* с сальниками, предохраняющая от поступления воздуха в камеру.

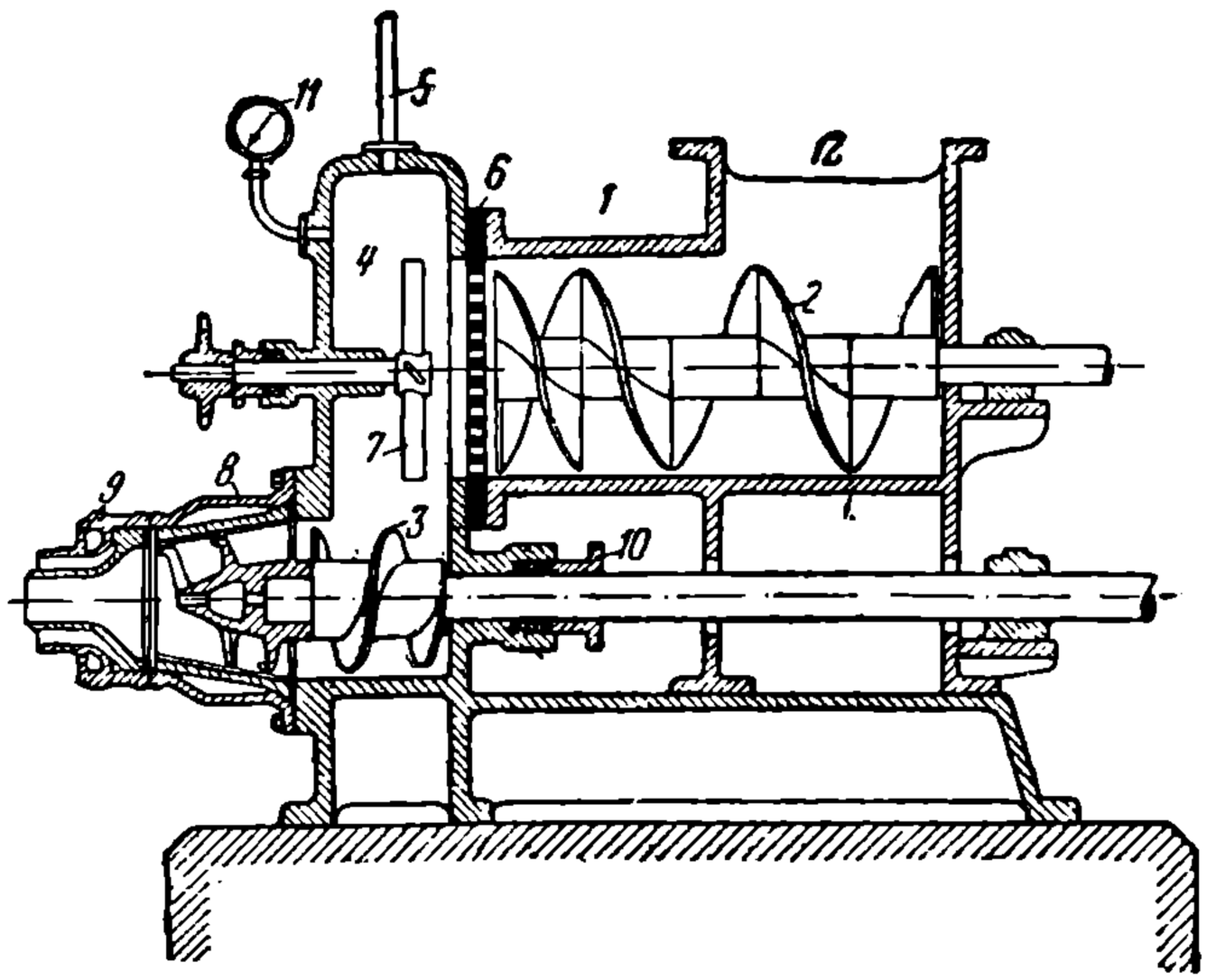


Рис. 227. Шнековый вакуумный пресс.

Для измерения степени разрежения в камере к последней присоединен вакуумметр *11*. Материал подается в пресс через воронку *12* и верхним шнеком направляется к перегородке с отверстиями, через которые продавливается в виде макарон в вакуумную камеру; здесь от собственной тяжести он падает на нижний шнек.

Назначение перегородки с отверстиями состоит в том, чтобы разделять массу на отдельные жилки, так как это значительно облегчает отсос воздуха, находящегося в порах массы. Нижним шнеком деаэрированная (обезвоздушенная) масса выдавливается через головку и мундштук в виде плотной и крепкой ленты.

За последнее время способ обезвоздушивания начинает применяться и в других типах прессов: рычажных, поршневых и т. д. На рис. 228 показано вакуумное устройство для рычажного пресса типа Бойд.

Устройство состоит из резервуара, через который проходит труба, соединенная со штемпельными коробками пресса. Резервуар разделен горизонтальной перегородкой, к которой снизу прикреплен цилиндр

НБ УДУНТ (ДІІТ)

с войлочной набивкой. Нижняя часть резервуара оканчивается грязевым клапаном. Верхняя часть резервуара посредством труб соединяется с вакуум-насосом.

Подогрев воздуха в резервуаре осуществляется электричеством, для чего в верхней части предусмотрены электрические клеммы, соединенные со спиралью. Воздух из прессовых коробок поступает через трубу в нижнюю часть резервуара и затем, отфильтрованный, удаляется вакуум-насосом из верхней части резервуара, а различные примеси, поступающие вместе с воздухом, удаляются через грязевой клапан.

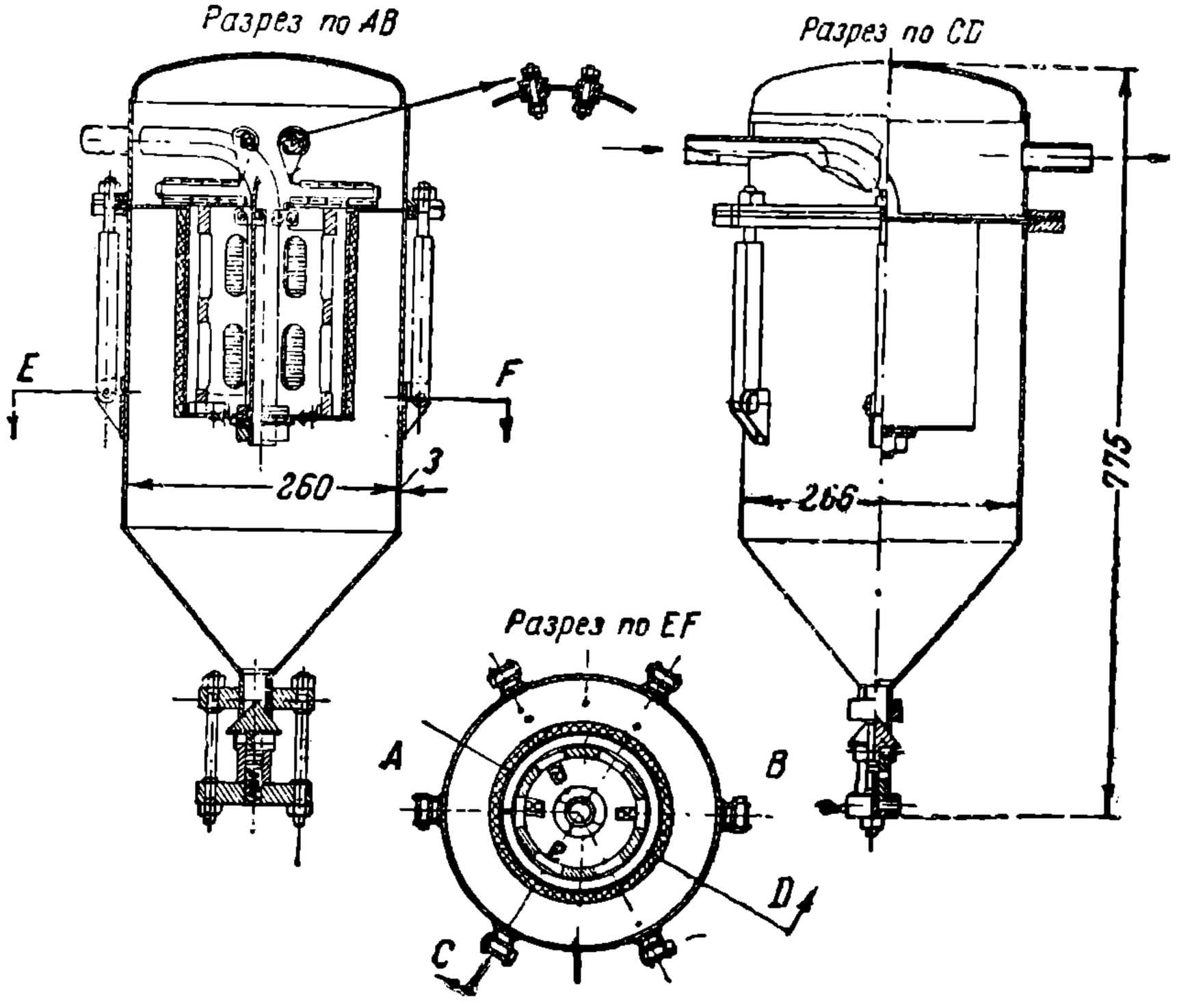


Рис. 228. Вакуумное устройство для рычажного пресса.

Схема прикрепления вакуумного устройства к прессу показана на рис. 229 — фасад и на рис. 230 — боковой вид.

От верхних и нижних штемпельных коробок идут сборные гибкие шланги, которые и соединяются с резервуаром. Регулирование отсоса воздуха осуществляется эксцентриком, насаженным на главный вал пресса. При вращении главного вала эксцентрик периодически нажимает на рычаг, соединенный с вакуум-краном, которым и производится отсос воздуха в моменты прессования сырца.

Данные, характеризующие прессы различной конструкции, приведены в табл. 111—113.

НБ УДУНТ (ДІТ)

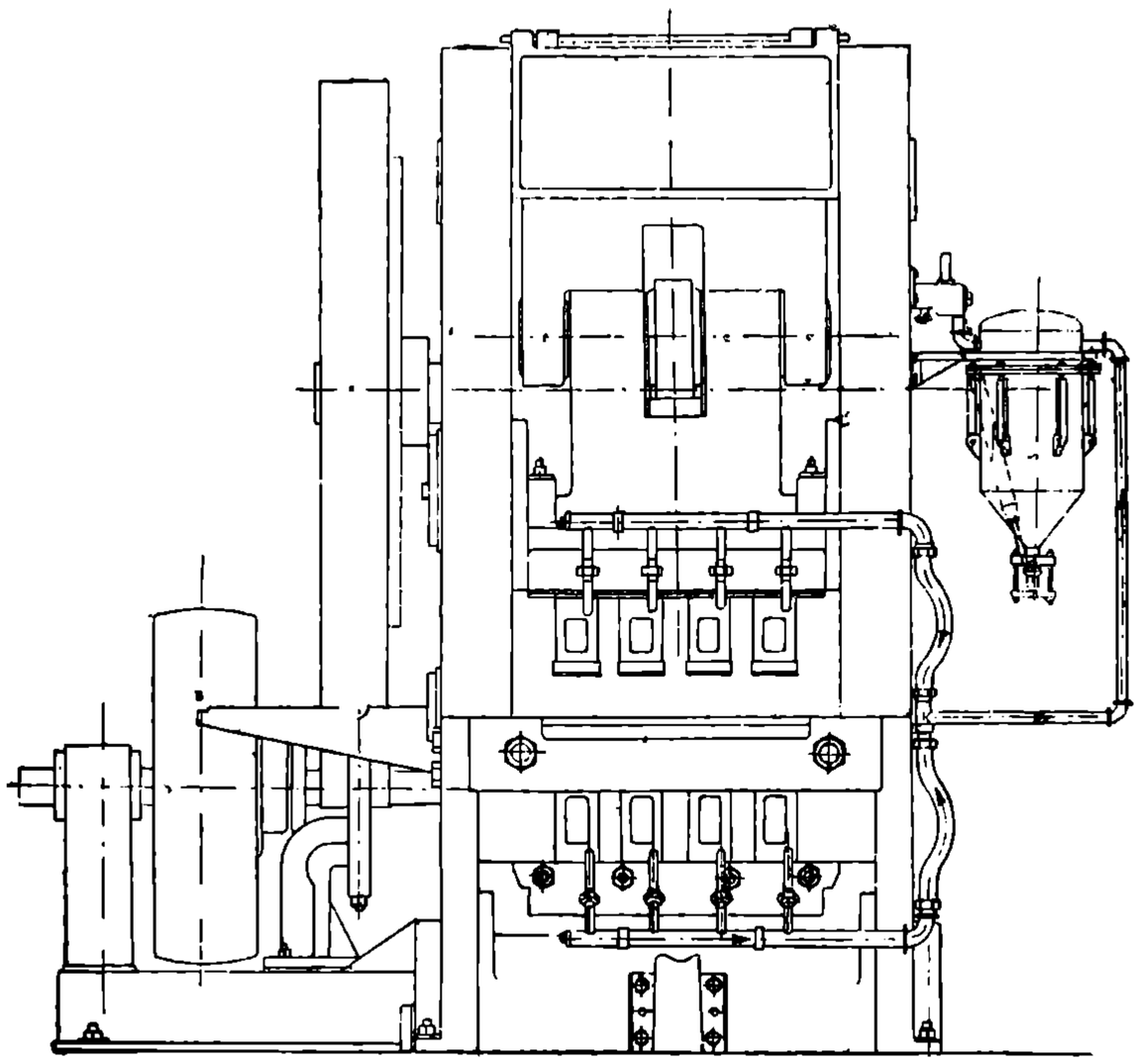


Рис. 229. Рычажный пресс с вакуумным устройством (фасад).

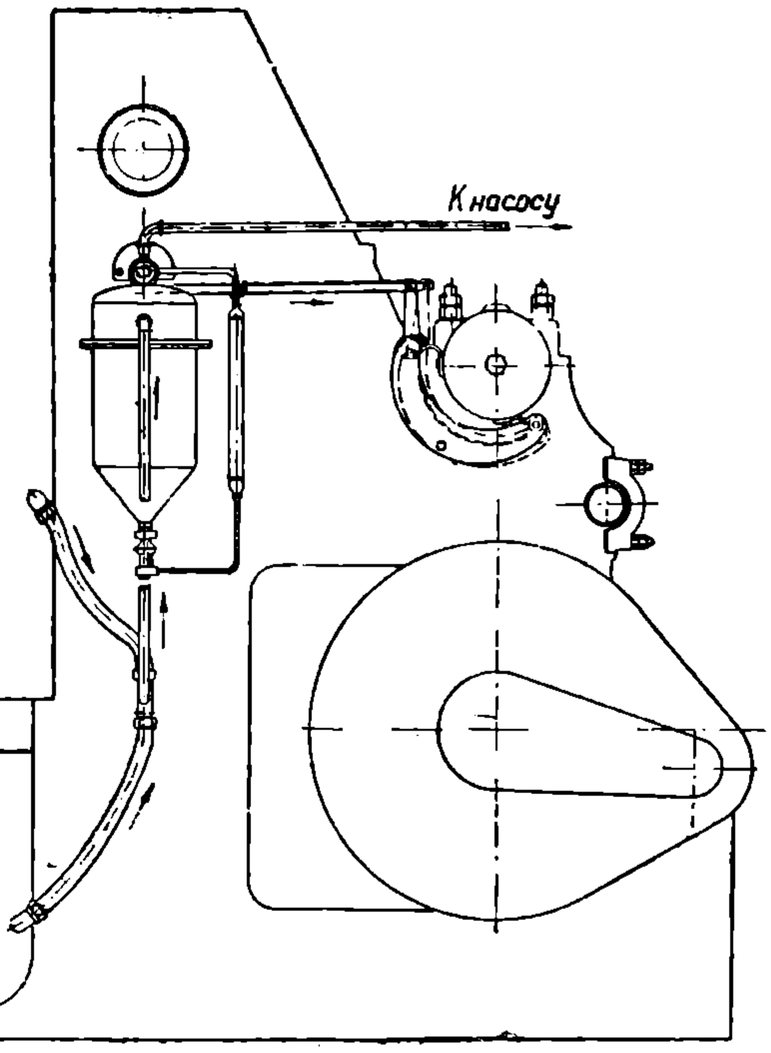


Рис. 230. Рычажный пресс с вакуумным устройством (боковой вид).

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

Таблица 111

Данные для шнековых прессов (для сырца)

Наименование величин	Единица измерения	Системы «Красный Октябрь»				Системы Полякова-Ценке
		№ 2	№ 3	№ 3а	№ 4	
Производительность	*шт/час*	2 000	3 000	4 000	5 000	2 000
Потребная мощность	*ЛС*	16	30	35	45	20
Вес	*т*	3,0	5,0	5,2	4,0	—
Число оборотов шнека в минуту		30	22	26	26	22

Таблица 112

Данные для шнековых прессов (для труб)

Наименование величин	Единица измерения	Тип пресса		
		I	II	III
Внутренний диаметр труб	*мм*	75—300	300—600	400—800
Производительность . .	*шт/час*	150—50	80—30	40—15
Потребная мощность .	*ЛС*	20—30	25—40	40—60
Вес	*т*	6,4	9,1	13,8

§ 5. Расчетные данные

1. Определение производительности. Определение производительности формовочных аппаратов производится по различным формулам, в зависимости от типа аппарата. Формулы приводятся в табл. 114.

Пример 1. Определить теоретическую производительность лопастного одномундштучного пресса при скорости движения глиняной ленты 0,023 *м/сек* и толщине сырца 0,067 *м*.

$$Q_1 = \frac{3600 \cdot v \cdot m}{c} = \frac{3600 \cdot 0{,}023}{0{,}067} = 1235 \ шт/час.$$

Пример 2. Определить теоретическую производительность шнекового пресса для сырца из глины, если диаметр шнека 0,35 *м*, шаг шнека — 0,30 *м*, диаметр вала с выступами — 0,14 *м*, число оборотов шнека в минуту — 30.

$V = 47{,}1\,(D^2 - d^2)\,s \quad n = 47{,}1 \cdot (0{,}35^2 - 0{,}14^2) \cdot 0{,}30 \quad 30 = 33{,}9\ м^3/час.$

Пример 3. Определить теоретическую производительность шнекового пресса в *шт/час* для сырца из глины, если скорость движения ленты — 22,4 *м/мин*, размер сырца после резки — 0,07 *м*, число мундштуков — 1.

$$Q_1 = \frac{v_1 \cdot m \cdot 60}{c} = \frac{22{,}4 \cdot 60}{0{,}07} = 19\,200 \ шт/час.$$

Пример 4. Определить теоретическую производительность сдвоенного ударного пресса, если число оборотов вала в минуту 10, число штемпелей — 8 (или количество ударов в минуту — 20, число кулачков — 2).

$$Q_1 = 60 \quad n_2 \cdot m = 60 \quad 10 \cdot 8 = 4800 \ шт/час.$$

НВ УДУНТ (ДІТ)

Таблица 113

Данные, характеризующие прессы с принудительным движением штемпеля

Наименование величин	Един. измерения	Ударные	Винтовые				С коленчатым валом		Эксцентриковые			Рычажные			Поршневые	
		Дорстен	Рейсман				Рушо	Бюллер	Боннот	Раупах	„Идеал"	Бойд	Буккау-Вольф		Бринк-Гюбнер	Шпенглер
Производительность	*шт/час*	4 800	—	—	—	—	1 800	10 800	2 160	720	4 800	2 880	1 680	2 880	360	1 920
Потребная мощность	*ЛС*	14	1,5	2,5	3,0	4,0	2,5	15,0	25,0	15,0	20,0	15,0	9,0	16,0	—	30,0
Вес	*т*	—	1,0	1,8	2,5	3,0	—	7,2	3,5	7,8	6,0	20,0	11,0	17,0	—	30,0
Число оборотов в минуту:																
главного вала .	—	12	200	200	250	180	30	75	18	12	20	12	—	—	—	—
стола .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,5	3,0	1,5	4,0
Число гнезд, штемпелей	шт.	8	—	—	—	—	1	2	2	1	4	4	8	16	4	8
Размер прессуемого сырца	*мм*	—	—	—	—	—	242×123×71	100×120	240×113×69	400×400×250	254×126×68	240×113×69	250×123×65	250×123×65	—	—

Примечания: 1) Для ударных прессов следует определить: вес молота, высоту падения штемпеля и число зубцов у кулака; 2) для винтовых прессов — диаметр винта, длину винта; 3) для поршневых прессов — диаметр и высоту хода большого и малого поршня; 4) для прессов, выпускающих ленточный материал, — скорость движения ленты.

НЕ УДУНТ (ДІІТ)

Таблица 114

Тип аппарата		Производительность
Лопастной пресс ленточный	*шт/час*	$Q_1 = \frac{3600 v m}{c}$
Шнековый пресс ленточный		$Q_1 = \frac{3600 v m}{c}$
	м³/час	$V = \frac{60 \tau (D^2 - d^2).s.n}{4}$
Вальцовый пресс	*шт/час*	$Q_1 = \frac{3600 v m}{c}$
Ударный пресс блочный		$Q_1 = 60 n_3 m$
Винтовой пресс		$Q_1 = \frac{60 n_3 m}{z_1}$
Пресс с коленчатым валом блочный		$Q_1 = 60 n m$
Пресс с коленчатым валом ленточный		$Q_1 = \frac{3600 v m}{c}$
Рычажный пресс с неподвижным столом блочный		$Q_1 = 60 n m$
Рычажный пресс с поворотным столом блочный		$Q_1 = 60 n m$
Эксцентриковый пресс блочный		$Q_1 = 60 n m$
Поршневой пресс с неподвижным столом блочный		$Q_1 = \frac{60 n_3 m}{z_1}$
Поршневой пресс с поворотным столом блочный		$Q_1 = 60 n m$
Поршневой пресс с вращательным столом блочный		$Q_1 = 60 n m$
Вальцовый пресс с лентой	*м³/час*	$V = 3600 F v \Delta_1$
Центробежный пресс с роликами	*шт/час*	$Q_1 = \frac{m}{t}$
Вибрационный пресс		$Q_1 = \frac{m}{t}$

Примечание. z_1 — число нажатий штемпеля на изделие.

Пример 5. Определить теоретическую производительность одноштемпельного пресса, если число рабочих ходов винта в минуту — 10, число нажатий штемпеля на изделие — 1.

$$Q_1 = \frac{60 \cdot n_3 \cdot m}{z_1} = \frac{60 \cdot 10 \cdot 1}{1} = 600 \text{ } шт/час.$$

Пример 6. Определить теоретическую производительность одноштемпельного пресса с приводом посредством коленчатого вала (системы Рушо), если число оборотов вала в минуту — 30.

$$Q_1 = 60 \quad n \quad m = 60 \quad 30 \quad 1 = 1800 \text{ } шт/час.$$

Пример 7. Определить теоретическую производительность пресса системы «Идеал» при числе оборотов вала 16, при числе гнезд в форме 3.

$$Q_1 = 60 \quad n \quad m = 60 \quad 20 \cdot 3 = 3600 \text{ } шт/час.$$

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Пример 8. Определить теоретическую производительность в *шт/час.* четырехштемпельного рычажного пресса (системы Бойд), если число оборотов вала в минуту 12.

$$Q_1 = 60 \quad n \cdot m = 60 \quad 12 \cdot 4 = 2880 \ шт/час.$$

Пример 9. Определить теоретическую производительность рычажного пресса, если число оборотов стола в минуту — 3, число гнезд — 16

$$Q_1 = 60 \quad n \cdot m = 60 \quad 3 \quad 16 = 2880 \ шт/час.$$

Пример 10. Определить теоретическую производительность эксцентрикового пресса, если число штемпелей у пресса — 2, число оборотов вала — 12.

$$Q_1 = 60 \cdot n \quad m = 60 \quad 12 \quad 2 = 1440 \ шт/час.$$

Пример 11. Определить теоретическую производительность поршневого пресса при числе рабочих ходов поршня в минуту 2,5, если изделие прессуется один раз.

$$Q_1 = \frac{60 \cdot n_з \cdot m}{z_1} = \frac{60 \cdot 2{,}5 \cdot 1}{1} = 150 \ шт/час.$$

Пример 12. Определить теоретическую производительность центробежного пресса, формующего две трубы в течение 15 мин.

$$Q_1 = \frac{m}{t} = \frac{2}{0{,}25} = 8 \ шт/час.$$

Пример 13. Определить теоретическую производительность вибрационного пресса, формующего пять плит в течение 15 мин.

$$Q_1 = \frac{m}{t} = \frac{5}{0{,}25} = 20 \ шт/час.$$

§ 6. Стахановские способы увеличения производительности формовочных аппаратов

На Часов-Ярском заводе рычажные прессы Бойда переведены по инициативе Бардагова с 9 оборотов в минуту на 11 при работе на нормальном кирпиче, в результате чего производительность увеличилась с 2160 до 2640 *шт/час.*

На Константиновском заводе «Красный Октябрь» эксцентриковые прессы Бергера переведены с 9 оборотов в минуту на 13, что дало увеличение производительности их с 1080 до 1560 *шт/час*, а на Подольском заводе такие же прессы переведены на 18 *об/мин*, в результате чего производительность прессов повысилась с 1080 до 2160 *шт/час.*

На Кирпичном заводе № 2 Коммунпромтреста (Киевская область) т. Раевский переделал пресс типа «Моро», изменив шаг лопастей в шнеке и придав им овальную форму. Это позволило т. Раевскому увеличить число оборотов шнека с 28 до 36. В результате этих изменений пресс стал выпускать за смену вместо 25 000 штук сырца—50 000 штук.

На Мытищенском заводе силикатного кирпича (Московская область) т. Колесникова установила на рычажном прессе Вольф-Буккау три оборота стола в минуту, после чего с пресса стала снимать в час

НБ УДУНТ (ДІТ)

2800 штук сырца. Не удовлетворившись этим, т. Колесникова перестроила свою бригаду и перешла на обслуживание двух прессов, причем если ранее каждый пресс обслуживали три прессовщицы, то после перехода на новую организацию бригады каждый пресс обслуживают две прессовщицы при одном бригадире. Переняв опыт Кореневского силикатного завода, т. Колесникова установила в своей бригаде скользящий обеденный перерыв, благодаря которому повысила коэфициент использования пресса в эксплоатации; и фактическая выработка каждого пресса увеличилась в среднем до 20—22 тыс. штук в смену.

На Боровичском заводе шнековый пресс системы Рейсмана давал в среднем в смену 41,8 *m* при мощности электродвигателя 29 kW и числе оборотов вала пресса 18 *об/мин*. По предложению электротехника т. Селезнева электродвигатель был заменен более мощным, и число оборотов вала увеличено до 22 *об/мин*.

На Сухоложском заводе изменением метода обработки увеличен срок службы пластин к коробкам пресса с коленчатым валом системы Рушо. В результате вместо 25—30 тыс. штук коробки без смены пластин пропускают свыше 500 тыс. штук сырца.

На Боровичском заводе (№ 5) было увеличено число оборотов бегунов с 27 до 35 *об/мин*, а также увеличена скорость движения цепей элеватора и число оборотов контрольных сит, вследствие чего увеличилось питание массой шнекового пресса, и последний стал выпускать 18 тыс. штук сырца вместо 14 тыс. штук.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение укажем на необходимость изучения встречающихся неисправностей основных аппаратов, их причин и способов устранения, а также составления надлежащих списков наиболее изнашивающихся деталей аппаратов, которые должны всегда находиться в распоряжении обслуживающего персонала.

Неисправности и неполадки, встречающиеся при работе некоторых аппаратов основного оборудования, вызываются различными причинами, и для ускоренного способа их отыскания требуется определенный навык. Скорое установление причин неисправностей того или иного аппарата не является трудной задачей для тех работников, которые хорошо изучили и знают устройство и способ действия обслуживаемых ими аппаратов.

Ниже нами приводится перечень некоторых причин неисправности аппаратов, для примера дробилки — и пресса, и способов устранения их (приложение I), а также список наиболее изнашивающихся частей некоторых аппаратов (приложение II).

В конце дается примерная схема видов ухода за оборудованием с указанием исполнителей (приложение III).

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

ЛИТЕРАТУРА

В. В. Арнольд, Машины в строительном деле, 1936.
В. А. Добровольский, Многочерпаковые экскаваторы, 1934.
Н. Г. Домбровский. Экскаваторы, 1936.
Г. Ганфштенгель, Механизация транспорта массовых грузов, т. II, 1933.
Его же, Механизация транспорта массовых грузов, т. I, 1934.
М. Н. Державин, Скреперные установки, 1933.
Г. Аумунд, Подъемно-транспортные устройства, 1935.
П. С. Козьмин, Машины непрерывного транспорта, 1936.
Л. Б. Левенсон, Машины для обогащения, 1934.
М. Ф. Ортин, Механическое обогащение руд, 1931.
З. Б. Кантторович, Размольно-дробильные машины и грохоты, 1937.
В. П. Ромадин, Пылеприготовление и пылесожигание, 1936.
А. И. Анохин и др., Конструкции и расчеты дорожных машин, 1935.
В. В. Эвальд, Строительные материалы, 1933.
В. А. Кинд и С. Д. Окороков, Строительные материалы, 1934.
Б. Г. Скрамтаев, Строительные материалы и изделия, 1935.
П. П. Будников, Керамическая технология, 1936.
И. С. Смелянский, Производство динаса, 1933.
С. Н. Мышкин, Магнезит, 1933.
Р. Л. Певзнер, Технический контроль производства шамотных огнеупорных изделий, 1933.
А. И. Августиник, Общий курс технологии огнеупоров, 1935.
В. Н. Перевалов, Производство огнеупорных изделий, 1936.
Н. П. Ваганов, Мельник огнеупорной промышленности, 1936.
К. Дюммлер и Лезер, Строительная керамика, 1933.
М. М. Докшицкий и М. С. Фурман, Производство облицовочных керамических плиток, 1936
В. В. Поляков, Производство кафель и облицовочных плиток, 1936.
Р. Л. Певзнер, Производство глиняной черепицы, 1936.
Ф. У. Одкин и А. Коузен, Руководство по стеклоделию, 1931.
Р. Дралле и Г. Кеппелер, Производство стекла, 1929.
Н. Н. Качалов и В. Г. Воано, Основы производства оптического стекла, 1936.
В. А. Воробьев, Битуминозные кровельные материалы, 1932.
И. А. Булавин, Оборудование фарфоровых и фаянсовых заводов, 1936.
В. В. Эвальд и Н. П. Ваганов, Производство силикатного и шлакового кирпича, 1931.
И. Т. Еремеев, С. П. Богданович, Л. М. Розенберг, Формовщик-прессовщик огнеупорных шамотных изделий, 1936.
И. П. Гвоздарев, Прессовщик силикатного кирпича, 1936.
Н. П. Ваганов и И. П. Гвоздарев, Производство силикатного кирпича, 1937.
В. В. Эвальд и Н. П. Ваганов, Асбоцементное производство, 1931.
Р. М. Михайлов и П. Н. Соколов, Асбестовые строительные материалы, 1936.
Н. П. Ваганов, Мельник цементной промышленности, 1936.
Его же, Мельник силикатной промышленности, 1936.
Ю. С. Лурье, Технология портланд-цемента, 1936.
A. Moye, Der Gips. 1906.
H. Fischer, Technologie des Scheidens, Mischens und Zerkleinerns. 1920.
E. W. Davis, Fine crushing in ball mills, Transactions of the American Society mining and metallurgical engineers, Vol. LXI. New York. 1920.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Z i m m e r, The mechanical handling and storing of materials. 1922.
C. N a s k e, Die Portlandzementfabrikation. 1922.
I. E. L i s t e r, The screening and grading of materials. 1924.
E. C. B l a n c, Technologie des concasseurs, broyeurs et tamiseurs. 1924.
B. B l o c k, Das Kalkbrennen. 1924.
A. S e a r l e, Refractory Materials. 1924.
E. A. H o l b r o o k and T. F r a s e r, Screen sizing of coal, ore and other materials. 1925.
R i c h a r d K. Meade. M. S. Portland Cement. 1926.
C. N a s k e, Zerkleinerungsvorrichtungen und Mahlanlagen. 1926.
K. D ü m m l e r, Klinker. 1926.
K. D ü m m l e r, Handbuch der Ziegelfabrikation. 1926.
E. C. B l a n c, Le ciment Portland. 1927.
E. P r o b s t, Handbuch der Zementwaren und Kunststeine-Industrie, Halle a. S. 1927.
B a r n e s, Excavating Machinery. 1928.
S c h o c h, Die Mörtel, Bindestoffe, Zement, Kalk, Gips. 1928.
R. K o l l e r, Die Ziegelmaschine und ihre Pflege. 1930.
R. B a n c o, Der Magnesit und seine Verarbeitung. 1932.

Журналы

«Строительные материалы».
«Цемент».
«Огнеупоры».
«Керамика и стекло».
«Zement».
«Tonindustrie Zeitung».
«Rock Products».
«Revue des matériaux de construction et de travaux publics».

Каталоги

Союзстромстроймашины:
а) Оборудование для цементной промышленности.
б) Оборудование для огнеупорной промышленности.
в) Оборудование для кирпичной промышленности.
г) Машины и механизмы строительной индустрии.

НБ УДУНТ (ДІІТ)

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Основные неисправности челюстной дробилки

Причина	Следствие	Способ устранения
Износ дробящих челюстей	Увеличение крупности дробления	Осмотреть челюсти, перевернуть их или же сменить
1. Уменьшение числа оборотов главного вала вследствие уменьшения натяжения ремня, сдвига двигателя с места или падения напряжения в сети	Уменьшение производительности дробилки	Проверить степень натяжения ремня; при слабом натяжении перешить его или отодвинуть двигатель на салазках. Проверить по вольтметру напряжение в сети
2. Узкая выходная щель в дробилке либо из-за установки слишком длинных челюстных плит, либо из-за неправильной их регулировки, либо вследствие прилипания материала к челюстям		Проверить длину челюстных плит; отрегулировать их установку; очистить плиты от налипшего материала
3. Перегрузка или недогрузка дробилки материалом		Установить нормальную загрузку дробилки материалом.
4. Срез шпонок эксцентриковой шайбы главного вала		Проверить закрепление шайбы на главном валу и в случае провертывания ее закрепить
5. Недостаточная мощность двигателя		Проверить установленную мощность двигателя и при недостаточной мощности заменить другим
1. Разработка или выплавка вкладышей, либо ослабление болтов у подшипников	Стук дробилки	Проверить состояние вкладышей в подшипниках и при разработке или выплавке их заменить.
		При ослаблении болтов подтянуть гайки или, сняв крышки подшипников, вынуть прокладки и вновь установить крышки
2. Неплотно пригнаны челюсти, боковые клинья		Подтянуть соединительные болты

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Продолжение

Причина	Следствие	Способ устранения
3. Ослабели шпонки маховиков		Проверить закрепление маховиков на валу и ослабевшие закрепить наглухо
4. Сломался клин или болт регулирующего механизма		Сменить сломавшийся болт или клин
5. Треснула пружина		Проверить состояние пружины, испорченную заменить
6. Разработалась тяга в шарнирном соединении		Сменить палец, а разработавшиеся отверстия заварить и выправить
7. Лопнула станина		Проверить состояние станины и при обнаружении в ней трещины произвести заварку трещины
1. Перегрузка дробилки	Нагрев подшипников	Установить нормальную загрузку
2. Недостаточное количество или плохая смазка		Заменить или улучшить смазку
3. Сильное натяжение ремня		Отрегулировать натяжение ремня
4. Туго натянуты крышки подшипников		Отрегулировать натяжение крышек
5. Перекос подшипников		Проверить установку подшипников
6. Задраны шейки валов		Задранные шейки валов проточить и отшлифовать
1. Засорение маслопроводов	Неудовлетворительная смазка	Прочистить маслопроводы
2. Отсутствие масла в масленках		Заполнить масленки маслом
1. Загрузка зева и дробилки материалом	Неудовлетворительный пуск дробилки в ход	Освободить зев дробилки от материала
2. Недостаточная мощность двигателя		Проверить мощность двигателя
3. Туго натянуты крышки подшипников		Отрегулировать натяжение крышек подшипников и до пуска дробилки провернуть вал ее вручную
1. Несоответствие установленных маховиков	Неравномерная работа дробилки	Проверить и установить соответствующие по весу маховики
2. Неудовлетворительное крепление болтов к фундаменту		Закрепить дробилку на фундаменте

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Продолжение

Причина	Следствие	Способ устранения
1. Работа на изношенных частях	Увеличенный расход электроэнергии	Изношенные части отрегулировать или заменить новыми
2. Неправильная установка зубчатых или рифленых челюстей (выступ против выступа, а не выступ против впадины)		Установить правильное расположение зубьев на челюстях
3. Неудовлетворительная смазка трущихся частей		Следить за нормальной смазкой и правильным подбором смазки

Основные неисправности пресса (с поворотным столом)

Причина	Следствие	Способ устранения
1. Уменьшение числа оборотов стола	Уменьшение производительности пресса	Проверить число оборотов стола
2. Выход из строя форм стола		Проверить состояние всех форм
1. Недостаточная мощность двигателя	Уменьшение числа оборотов стола	Проверить мощность двигателя и при недостаточной мощности сменить
2. Ослабление приводного ремня		Перешить ремень
3. Уменьшение напряжения в сети		Проверить вольтметром на пряжение в сети
4. Большое наполнение коробок стола		Уменьшить высоту наполнения коробок
5. Неправильное торможение		Ослабить пружину тормозной колодки
6. Подача сухой массы		Проверить степень влажности массы
Выработались опорные кольца стола	Понизился уровень стола	Проточить старые кольца и подложить под них дополнительные кольца или сменить
Неправильное сцепление конических шестерен	Торможение стола во время поворачивания	Проверить сцепление и установить шестерни правильно. (Иметь в виду, что самое верхнее положение коленчатого вала соответствует моменту входа сегмента поворотного рычага в вырез стола.)

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Продолжение

Причина	Следствие	Способ устранения
Сработались или согнулись сережки или полозки с сережками	Штампы не опускаются ниже уровня стола	Отремонтировать или сменить сережки или полозки
1. Неправильное положение эксцентрикового пальца поворотного рычага 2. Слабое торможение стола, вследствие чего стол забегает по инерции вперед пальца и ударяется о него	Поворотный рычаг ударяет о стол	Повернуть эксцентриковый палец так, чтобы он плавно входил в вырезы стола Подвернуть гайки тормоза
1. Сухая масса 2. Большое наполнение коробок 3. Неудовлетворительная смазка 4. Выработка во втулках шкивов 5. Выработались сухарные втулки 6. Сработалась первая от контрпривода шевронная шестерня	Срезаются предохранительные шпильки (сухари)	Проверить степень влажности массы Уменьшить наполнение коробок Смазать подшипники Проверить состояние втулок и сработавшиеся сменить Проверить состояние шестерни и в случае выработки сменить
1. Торможение стола колодкой 2. Плохая смазка	Тяжелый ход стола	Ослабить пружину тормозной колодки Проверить смазку пресса
1. Сухая масса 2. Большое наполнение коробок 3. Ослабление гаек шестидюймовых болтов	Сотрясение пресса во время работы	Проверить степень влажности массы Уменьшить наполнение коробок Подтянуть гайки болтов
	Нагрев подшипников	См. неисправности челюстной дробилки
	Неудовлетворительная смазка	См. неисправности челюстной дробилки
Неудовлетворительное крепление болтов к фундаменту	Неравномерная работа пресса	Закрепить пресс на фундаменте

НБ УДУНТ (ДІІТ)

Причина	Следствие	Способ устранения
1. Работа на изношенных частях	Увеличенный расход электроэнергии	Изношенные части отрегулировать или заменить новыми
2. Сухая масса		Проверить степень влажности массы
3. Большое наполнение коробок		Уменьшить наполнение коробок
4. Неудовлетворительная смазка трущихся частей		Следить за нормальной смазкой и правильным подбором смазки
5. Неправильная работа тормоза		Отрегулировать тормоз
6. Задевание прессующего рычага (шатуна) за фундамент		Увеличить размеры фундамента
Износ ножей	Выработка ножей мешалки	Заменить отработавшиеся ножи

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Список наиболее изнашивающихся частей

Челюстная дробилка

1. Распорка.
2. Челюстные плиты.

Шаровая мельница

1. Сита.
2. Футеровка.
3. Шары.

Сито

1. Сетка.
2. Ролики у барабанных сит.

Сепаратор

1. Лопатки.
2. Предохранительные плиты тарелки.

Мешалки.

1. Лопасти.
2. Скребки.
3. Предохранительные плиты для чаши.
4. Бандажи бегунов.

Пресс

1. Ножи мешалки.
2. Угольники мешалки.
3. Тормозные колодки.
4. Предохранительные пластины.
5. Шпильки (сухари).
6. Втулки для шпилек.
7. Прессующие пластины.
8. Запорные сережки.
9. Полозки.
10. Эксцентриковый палец.
11. Подкладки под бобышки.
12. Предохранительные ножи.
13. Подрезные ножи.
14. Ось тормозного ролика.
15. Стальная щетка.
16. Втулка штампа.
17. Регулирующие винты для штампов.

НБ УДУНТ (ДІТ)

ПРИЛОЖЕНИЕ III

Схема

видов ухода за оборудованием с указанием исполнителей

<table>
<tr><th colspan="2">Виды ухода и ремонта</th><th colspan="2">Исполнители</th></tr>
<tr><td colspan="2">Ежедневный уход за аппаратом, уборка, чистка, бережное обращение в эксплоатации</td><td colspan="2">Обслуживающий производственный персонал (мельники, прессовщики, запарщики и т. п.)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Смазка аппарата</td><td colspan="2">Смазчики</td></tr>
<tr><td colspan="2">Уход за ремнями</td><td colspan="2">Шорники</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Осмотр и текущий ремонт аппарата</td><td>Наружный осмотр аппарата и устранение мелких неполадок</td><td>Дежурные слесари</td><td rowspan="3">Бригада текущего ремонта</td></tr>
<tr><td>Осмотр аппарата с разборкой и регулировкой его</td><td>Слесари по осмотру</td></tr>
<tr><td>Проверка аппарата на точность</td><td>То же</td></tr>
<tr><td>Осмотр и ремонт электрооборудования</td><td>Электромонтеры</td><td>Электроремонтная бригада</td></tr>
<tr><td>Текущий ремонт аппарата</td><td rowspan="2">Слесари по ремонту</td><td rowspan="2">Бригада текущего ремонта</td></tr>
<tr><td>Аварийный ремонт небольшого объема</td></tr>
<tr><td colspan="2">Изготовление запасных частей</td><td colspan="2">Ремонтный цех или бригады текущего ремонта</td></tr>
<tr><td colspan="2">Капитальный ремонт аппарата
Крупный аварийный ремонт</td><td colspan="2">Ремонтный цех</td></tr>
</table>

НБ УДУНТ (ДІТ)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения 3
Предисловие. 5

Глава I. **Оборудование для добычи сырья**

1. Понятие о буровой карте, способах разработки месторождений и классификации грунтов . . . 7
§ 2. Способы добычи сырья и его вскрыши 9
1. Добыча сырья посредством подрывных работ 9
2. Добыча сырья помощью механизмов 12
§ 3. Оборудование 13
1. Бурильные молотки и буры 13
2. Буровые станки . . 16
3. Механические лопаты 17
4. Экскаваторы . . . 17
5. Машина системы Сухно 29
§ 4. Расчетные данные 30
§ 5. Нормы производительности, установленные конференцией 35

Глава II. **Транспортные устройства**

§ 1. Значение транспорта и классификация . . . 38
§ 2. Самотечные устройства и механизмы ручного действия 39
1. Самотечные устройства 39
2. Механизмы ручного действия (роликовые ломы, тележки, вагонетки, домкраты, блоки) . 41
§ 3. Механизмы с приводом от двигателя 47
1. Автовозы и автотележки . 47
2. Шпили 50
3. Подвесные тележки и пути 50
4. Шнеки 56
5. Ленточные транспортеры . . 61
6. Пластинчатые, или лотковые, транспортеры 70
7. Скребковые транспортеры. . . . 74
8. Транспортеры с колебательным движением 78
9. Скреперные транспортеры 83
10. Подъемники 88
11. Краны 91
12. Элеваторы 95
13. Конвейеры . . . 102
14. Гидравлические транспортеры 107
15. Пневматические транспортеры 111

Глава III. **Аппараты для сортировки**

§ 1. Классификация и способы сортировки материалов 115
§ 2. Механическая сортировка 116
1. Способы просеивания . 116
2. Типы аппаратов с ситами 117
3. Производительность сит 127
4. Сравнение плоских и барабанных сит 129
§ 3. Гидравлическая сортировка 129
1. Способы сортировки . . 129
2. Гидравлические сепараторы 131
§ 4. Воздушная сортировка 132
1. Понятие о воздушной сортировке 132

НБ УДУНТ (ДІІТ)

2. Воздушные сепараторы 136
3. Действие струи воздуха на зерно 139
§ 5. Магнитная сортировка 144

Глава IV. **Аппараты для измельчения**

§ 1. Классификация и способы измельчения материалов 147
§ 2. Основные законы измельчения 150
§ 3. Дробилки 153
А. Челюстные дробилки . . 154
1. Дробилки периодического действия . 154
2. Дробилки непрерывного действия 165
Б. Вальцовые дробилки 173
1. Типы дробилок . . . 173
2. Устройство дробилок 175
3. Расчетные данные 181
В. Молоточные дробилки 186
1. Типы дробилок . . . 186
2. Устройство дробилок 186
§ 4. Мельницы 192
А. Мельницы с вращающимися частями 192
1. Жернова 192
2. Бегуны 194
3. Шаровые мельницы центробежные (типа Фуллера) 201
4. Роликовые мельницы 201
Б. Мельницы с наполнителями (шаровые и стержневые) . . 206
1. Типы мельниц . 206
2. Устройство мельниц 209
3. Расчетные данные 220
4. Основные принципы подбора загрузки мелющих тел 228
5. Факторы размалываемости и производительности 232
6. Материалы футеровки и мелющих тел . 236
7. Характеристика работы мельниц с сепараторами 241
8. Зависимость между работой мельницы и сепаратора 244
§ 5. Стахановские способы увеличения производительности измельчающих аппаратов 247

Глава V. **Аппараты для смешивания**

§ 1. Классификация аппаратов . 253
§ 2. Смешивание жидких материалов 253
1. Механическое смешивание 253
2. Воздушное смешивание . . 255
3. Комбинированное смешивание 257
§ 3. Смешивание сыпучих и вязких материалов 258
§ 4. Расчетные данные 262
§ 5. Стахановские способы увеличения производительности смешивающих аппаратов . . 262

Глава VI. **Формовочные аппараты**

§ 1. Классификация и способы формовки материалов 264
§ 2. Принудительное уплотнение массы 266
А. Прессование 266
1. Лопастный пресс 266
2. Шнековый пресс для сырца 267
3. Шнековый пресс для труб 270
4. Вальцовый пресс . 272
5. Ударный пресс . 273
6. Винтовой пресс 274
7. Прессы с коленчатым валом 277
8. Эксцентриковые прессы 281
9. Рычажные прессы 285
10. Поршневые прессы 292
11. Пресс вальцовый с лентой (листовая машина) 299

НБ УДУНТ (ДІТ)

Б. Трамбование . 302
§ 3. Свободное уплотнение массы 304
1. Литье 304
2. Центробежный способ 305
3. Вибрационный способ 307
§ 4. Вакуумные устройства 308
§ 5. Расчетные данные 312
6. Стахановские способы увеличения производительности формовочных аппаратов . . . 315
Заключение 316
Литература 317
Приложение 319



НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

Ответственный редактор *В. Я. Бомаш.* Технический редактор *С. Д. Водолагина.*
Корректор *М. П. Шадрина.*

Сдано в набор 4/VIII — 1937 г. Подписано к печати 22/IX — 1937 г. Печатных листов $20^1/_2$. Учетно-авт. листов 24,32. Формат $62 \times 94^1/_{16}$. Колич. бум. листов $10^1/_4$. Печ. знаков в 1 бум. листе 102 400. Леноблгорлит № 4472. Зак. № 2415. Тираж 3000 экз. Т. К. К. № 110 от 9/VIII — 1937 г.

4-я типография ОНТИ НКТП СССР „Красный Печатник", Ленинград, Международный пр., 75а.

НБ УДУНТ (ДІТ)

Сканувала Сідорчик О.В.

НБ
УДУНТ
(ДІТ)