

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ

**Воронежский государственный архитектурно-строительный
университет**

Кафедра строительной техники и инженерной механики

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению курсового проекта по дисциплине: «Механическое
оборудование предприятий строительных материалов, изделий и
конструкций»

(предприятие по изготовлению минеральных вяжущих материалов)
для студентов всех форм обучения специальностей 220301; 210200



Воронеж 2012

Составители: В.С. Кабанов, И.А. Фролов
УДК 691:620.18(07)

Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций [Текст]: методические указания к выполнению курсового проекта для студентов всех форм обучения специальностей 220301 и 210200 “Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций” (Предприятия по изготовлению минеральных вяжущих материалов)/ Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.; сост: В.С. Кабанов, И.А. Фролов – Воронеж, 2012 – 106 с.

Учебное пособие является руководством к выполнению курсового проекта по дисциплине “ Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций ”(Предприятия по изготовлению минеральных вяжущих материалов).

Ил. 42. Табл. 62. Библиограф. : 14 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного архитектурно – строительного университета.

Рецензент – Калинин Ю.И., к.т.н., доцент кафедры строительной техники и инженерной механики.

Введение

Современная технология изготовления разнообразных строительных материалов и изделий представляет собой комплексно-механизированный процесс, основу которого составляет разнообразное перерабатывающее, транспортирующее, грузоподъемное и прочее оборудование, выбор и расчет которого должен выполнять студент в процессе курсового проектирования.

Предложенное методическое указание разработано для студентов 3 курса специальности 2906 «Производство строительных конструкций», которые в соответствии с учебным планом в шестом семестре должны выполнять курсовой проект по механическому оборудованию, изучение теоретического курса которого начинается в этом же семестре. Учитывая, что одновременно должны выполняться курсовые проекты по технологии вяжущих веществ и процессам и аппаратам, перед студентом 3 курса, не имеющего никакой предварительной теоретической и практической подготовки, стоит сложная задача для качественного выполнения проекта по механическому оборудованию.

С целью оказания студенту помощи при выполнении курсовых проектов, проект по механическому оборудованию целесообразнее выполнять как часть комплексного проекта, включающего указанные дисциплины по тематике, предусматривающей разработку технологии изготовления разнообразных вяжущих материалов. Общие требования по выполнению комплексного проекта приведены в методических указаниях [11].

Выполнение работы по выбору и расчету механического оборудования начинается в соответствии с планом-графиком после выполнения на кафедре вяжущих веществ и бетонов следующих расчетов:

- 1) определения режима работы предприятия;
- 2) расчета грузопотоков материалов, применяемых для изготовления вяжущего вещества;
- 3) составления функциональной технологической схемы переработки каждого компонента и окончательной их совместной переработки с целью получения заданного вяжущего вещества.

Пояснительная записка по выбору и расчету оборудования объемом 25...30 страниц является разделом общей пояснительной записки комплексного проекта. В графическую часть проекта по механическому оборудованию входят чертежи поузловой компоновки технологического, транспортирующего и др. оборудования, выполненные в масштабе по схеме цепи аппаратов на миллиметровке, и чертеж машины, заданной руководителем проектирования по механическому оборудованию, выполненный на одном листе формата А-1.

В пояснительной записке приводятся необходимые схемы, графики, расчетные формулы, таблицы с техническими характеристиками выбранного оборудования. В тексте необходимо делать ссылки на используемую техническую литературу по библиографическому списку.

Учитывая, что студентами выполняется весьма сложный курсовой проект, в методических указаниях приводится значительный справочный материал, собранный из многочисленных источников, который поможет студентам IV курса справиться с задачами проектирования.

Материалы методического пособия в полной мере рекомендуются также студентам специальности Е103-07 «Автоматизация технологических процессов», выполняющих курсовой проект по курсу «Технология и комплексная механизация производства строительных материалов и изделий», а также студентам заочного факультета специальности 2906 ПСК.

1. Общие положения по выбору оборудования

В технологических процессах производства минеральных вяжущих веществ широко применяется разнообразное технологическое, транспортное и грузоподъемное оборудование. Карьерное, дробильное, сортировочное, помольное, сушильное, обжиговое оборудование в определенной технологической последовательности соединяются друг с другом разнообразными транспортирующими машинами в виде ленточных и винтовых конвейеров, ковшевых элеваторов, устройств пневматического и гидравлического транспорта. На различных этапах процесса применяются разнообразные питатели и дозаторы, а также бункерные установки, служащие запасниками или выполняющие роль емкостей для выдерживания материала или его хранения. Для соблюдения необходимых стандартных условий работы обслуживающего персонала, а также для защиты окружающей среды, предусматривается выбор соответствующих пылеулавливающих устройств. Для выполнения различных работ, связанных с технологией производства, монтажом и регламентным обслуживанием оборудования, предусматриваются разнообразные грузоподъемные устройства в виде кран-балок, мостовых и башенных кранов.

2. Выбор и расчет оборудования сырьевых карьеров

В производстве строительных материалов сырьевые материалы добывают в специальных сырьевых карьерах, где добыча и загрузка сырья в транспортные средства производится, как правило, одноковшовыми экскаваторами, выбор которых зависит от трудности разработки материала, критерием которого является средняя объемная масса в плотном теле. В соответствии с «Едиными нормами и расценками» (ЕНиР) предусмотрены 6 групп грунтов. В таблице 1 приведены основные сырьевые материалы, применяемые для производства вяжущих веществ. Материалы I-IV групп разрабатываются без предварительного разрыхления, а V-VI после разрыхления их взрывом.

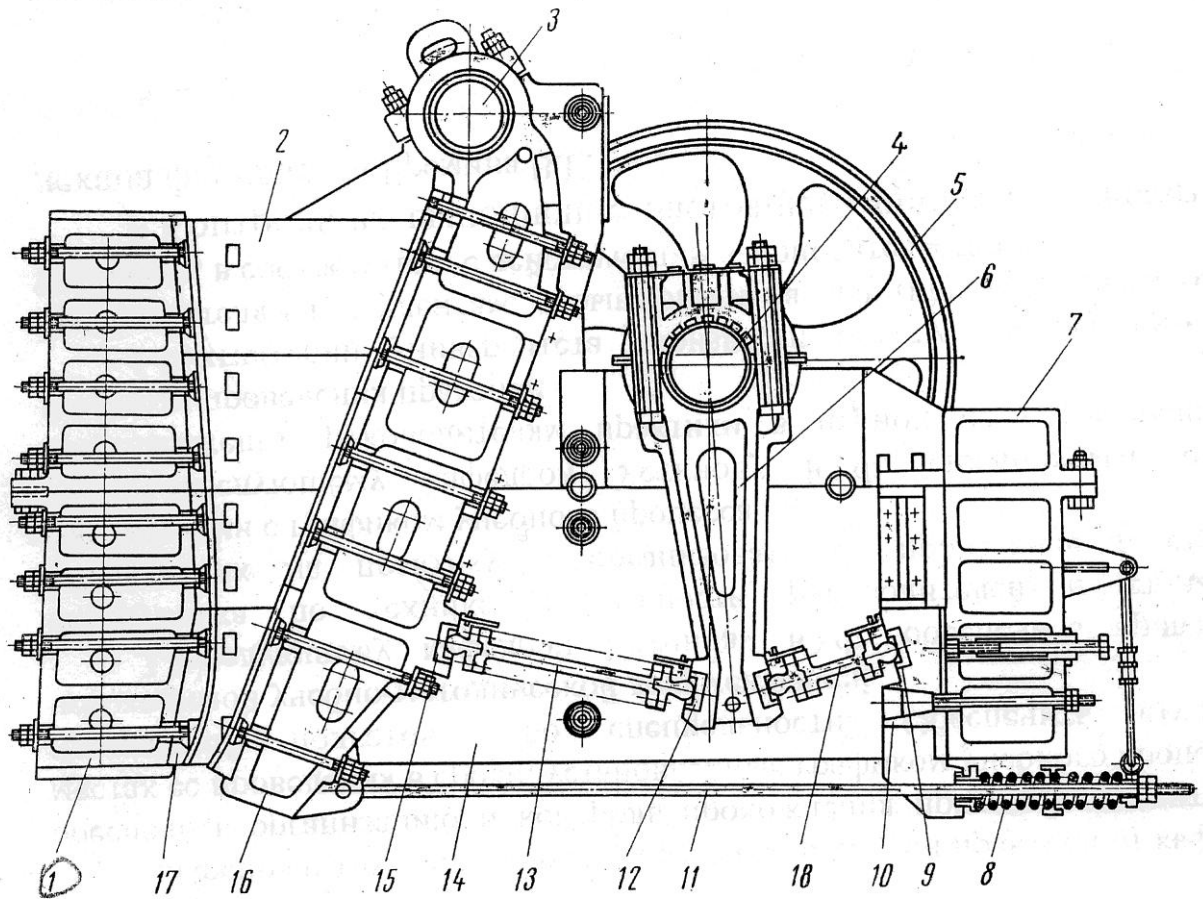


Рис. 1. Щековая дробилка с простым качанием щеки.

- 1- Станина; 2 – сменные плиты футеровки; 3 – ось подвески подвижной щеки; 4 – эксцентриковый вал; 5 – шків-маховик; 6 – шатун; 7 – задняя стенка станины; 8 – пружина; 9,12,15 – вкладыши; 10 – упорная деталь задней стенки станины; 11 – тяга; 13 – передняя распорная плита; 14 – боковые стенки (их две); 16 – подвижная щека; 17 – неподвижная щека; 18 – задняя распорная плита.

Характеристика сырьевых материалов.

Наименование материала	Группа
Гипсовый камень	V
Известняк	V
Глина	II-III
Мел: мягкий	IV
плотный	V
Лёсс: отвердевший	IV
мягкий	I
Мергель: мягкий	IV
средней крепости	V
Песок	I-II
Суглинок	I-II
Шлак: котельный	I
металлургический	II-III

В карьерах строительных материалов применяются ковшовые экскаваторы с вместимостью ковша 0,4; 0,65; 1,0; 1,25; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0 м³.

Для выбора необходимого экскаватора необходимо определить вместимость его ковша по расчетной часовой производительности карьера по формуле:

$$Q = 3600 \cdot (q \cdot K_n \cdot K_{и}) / (t_{ц} \cdot K_p), \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

где Q – расчетная производительность, м³/ч;

q – вместимость ковша, м³/ч;

t_ц – продолжительность рабочего цикла в с, устанавливаемая хронометрированием, зависит от времени заполнения ковша, его загрузки, поворота кабины к месту разгрузки и обратно. При разгрузке в транспорт t_ц = 20 с;

K_н – коэффициент наполнения ковша (табл. 2);

K_р – коэффициент разрыхления материала (табл. 2);

K_и – коэффициент использования машины по времени, в среднем принимается K_и = 0,65.

Таблица 2

Значение коэффициентов K_н и K_р.

Коэффициент	Группа материалов			
	I	II	III	IV
K _н	1,02...1,15	1,12...1,32	1,18...1,35	1,25...1,40
K _р	1,10...1,28	1,10...1,30	1,14...1,32	1,20...1,45

Примечание:

1. Меньшее значение коэффициента K_n для сухих материалов, большее для влажных;

2. Для глинистых материалов повышенной влажности из-за налипания наполнение ковша снижается на 10...15 %;

3. Для взорванных скальных пород V, VI групп коэффициент наполнения $K_n = 1,02$, а разрыхления $K_p = 1,45$.

По различным значениям вместимости ковша принимается марка экскаватора [4].

Транспортировка сырья из карьера на завод производится чаще всего автомобильным и железнодорожным транспортом. На карьерах с резко выраженным рельефом местности могут быть использованы подвесные канатные дороги.

Весьма перспективным является применение непрерывного транспорта в виде ленточных конвейеров, а для предприятий, работающих с применением сырьевых шламов, гидротранспорт.

Применение железнодорожного транспорта на карьерах требует необходимости устройства сложного путевого хозяйства, частого перемещения путей, устройства более пологих съездов, въездов и разъездов, больших радиусов закругления. Все это резко увеличивает себестоимость добываемого материала. Поэтому, наиболее рационально применение в карьерах автомобильного транспорта, который обладает большей маневренностью, значительно сокращает объем подготовительных работ, связанных с устройством дорог и других транспортных сооружений, имеет повышенную скорость движения и т.п. наибольшее распространение в карьерах мощностью до 400...500 тыс. м³ в год имеют автомобили-самосвалы грузоподъемностью от 5 до 20 т при дальности транспортирования до 5-6 км. На карьерах большей мощностью целесообразно применять самосвалы грузоподъемностью 25-27 т [4].

Для осуществления максимальной комплексной механизации в карьерах необходима правильная увязка работы погрузочных машин и транспортирующих средств. Для достижения наибольшей производительности экскаваторов вместимость кузова транспортных единиц должна в 4...5 раз превышать вместимость ковша экскаватора (табл. 3).

Таблица 3

Комплектация погрузочных машин с транспортными средствами.

Вместимость ковша экскаватора, м ³	Грузоподъемность автосамосвала, т	Емкость кузова автосамосвала, м ³
0,25...0,35	3,5	2,4
0,5...0,75	6,0	3,6
1,0...1,5	10,0	8,0
1,0...2,0	25,0	14,0
3,0	70,0	22,0

Количество необходимых автосамосвалов определяется по формуле:

$$n = \Pi_{\text{см}} / V_{\text{см}}, \text{ шт.}$$

где $\Pi_{\text{см}}$ – сменная потребность в сырье, $\text{м}^3/\text{см.}$;

$V_{\text{см}}$ – объем материала, перевозимого в течении смены одним автосамосвалом, $\text{м}^3/\text{см.}$:

$$V_{\text{см}} = (60 \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}} \cdot P) / (\gamma \cdot t), \text{ м}^3$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч.;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования машин по времени в течение смены, $K_{\text{в}} = 0,8$;

P – грузоподъемность автомашин, т;

γ – объемная плотность перевозимого материала, $\text{т}/\text{м}^3$;

t – продолжительность одного рейса, мин.:

$$t = t_{\text{п}} + l / V_1 + t_{\text{р}} + l / V_2 + t_{\text{м}}, \text{ мин.},$$

где l – дальность транспортировки, км;

V_1 – скорость передвижения с грузом, км/ч.;

V_2 – скорость передвижения без груза, км/ч.;

$t_{\text{р}}$ – время на разгрузку самосвала, мин. ($t_{\text{р}} \approx 1$ мин.);

$t_{\text{м}}$ – время на маневры, мин. ($t_{\text{м}} \approx 2$ мин.);

$t_{\text{п}}$ – время на погрузку автосамосвала:

$$t_{\text{п}} = 60 \cdot P / (Q \cdot \gamma), \text{ мин.},$$

где Q – производительность экскаватора, $\text{м}^3/\text{ч.}$

3. Выбор и расчет оборудования дробильно-сортировочных узлов

Процесс дробления может осуществляться в одну, две, три и т.д. стадий в зависимости от степени измельчения материала, для определения которой необходимо знать максимальную крупность кусков исходного материала и конечного продукта.

Для дробления на первой стадии применяются дробилки щековые, конусные, ударного действия, валковые, зубчатые, а на последующих стадиях – конусные среднего и мелкого дробления, ударного действия, валковые.

При выборе дробильных машин необходимо принимать минимальное их число, стремясь к однотипным технологическим схемам, как экономически более выгодным.

3.1 Выбор и расчет оборудования узла первичного дробления

В состав узла первичного дробления (рис. 1) входят: бункер приема исходного материала 2, решетка для отбора негабаритных кусков 1, пластинча-

тый питатель 3, грохот отбора мелочи 4, щековая дробилка 5, ленточный конвейер 6, направляющий кожух для отбора мелочи 7.

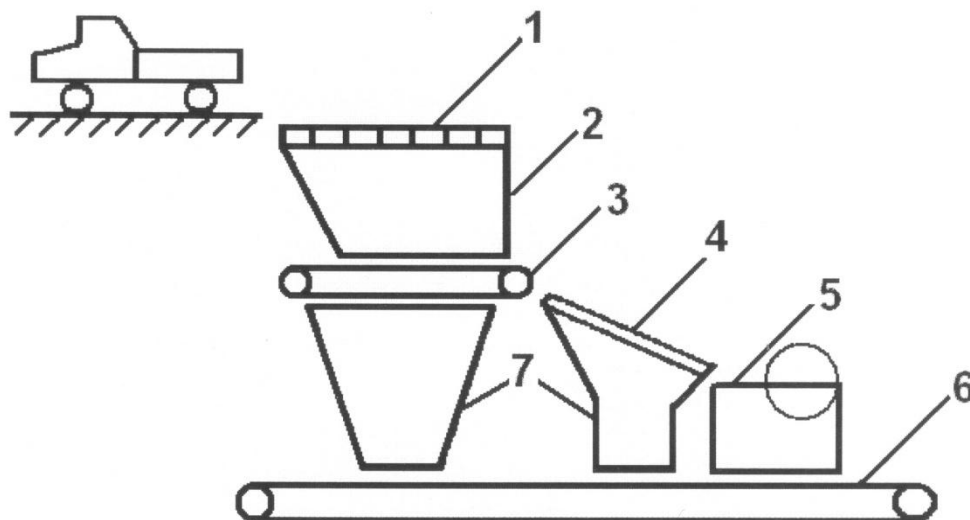


Рис. 2. Схема компоновки узла первичного дробления.

Выбор типа дробилки первичного дробления зависит от вида дробимого материала и его механических характеристик. Для дробления материалов большой и средней прочности (известняк, гипс, мергели и т.п.) применяются щековые и конусные дробилки крупного дробления (ККД). При производительности дробильных узлов до 300...500 т/ч рекомендуется применять щековые дробилки. При этом следует помнить, что при прочности материалов более 150 МПа, необходимо применять щековые дробилки с простым движением щеки.

Выбор дробилки производится по двум основным параметрам производительности ($\text{м}^3/\text{ч}$) и наибольшего размера куска материала (D_{max}), поступающего на дробление. Этот размер определяется в зависимости от вместимости ковша экскаватора, ведущего погрузку материала в карьере.

$$D_{\text{max}} \leq 0,8 \cdot \sqrt[3]{q}, \quad \text{м}$$

где D_{max} – максимальный размер куска, м;

q – вместимость ковша экскаватора, м^3 .

Этот размер определяет минимальный размер загрузочного отверстия дробилки первичного дробления по зависимости: $D_{\text{max}} < 0,8 \cdot B$, м где B – размер меньшей стороны приемного отверстия дробилки.

В таблице 4 приведены рекомендации по выбору щековой дробилки в зависимости от вместимости ковша экскаватора.

Таблица 4

Размеры приемного отверстия дробилки, мм	Вместимость ковша экскаватора, м^3
600x900	0,5
900x1200	1,0
1200x1500	2,0
1500x2100	3,0...4,0

Ориентируясь на подходящую для конкретного случая дробилку по максимальному размеру загружаемого куска материала и производительности (табл. 5), определяется размер выходного отверстия дробилки l_p , который обеспечивает заданную расчетную производительность технологической линии.

$$l_p = l_{\min} + (l_{\max} - l_{\min}) / (Q_{\max} - Q_{\min}) \cdot (Q_p - Q_{\min}), \text{ мм}$$

где l_{\max} , l_{\min} – пределы регулирования выпускного отверстия дробилки, мм;

Q_{\max} , Q_{\min} – минимальная и максимальная производительность в $\text{м}^3/\text{ч}$, соответствующая значению выпускного отверстия;

Q_p – расчетное значение производительности в $\text{м}^3/\text{ч}$, получаемое расчетом грузопотоков с учетом всех потерь при транспортировке и обработке материала при его продвижении от карьера до склада готовой продукции.

Расчетное значение выпускного отверстия определяется графически, приняв прямую зависимость производительности дробилки от значений выпускного отверстия (рис. 2).

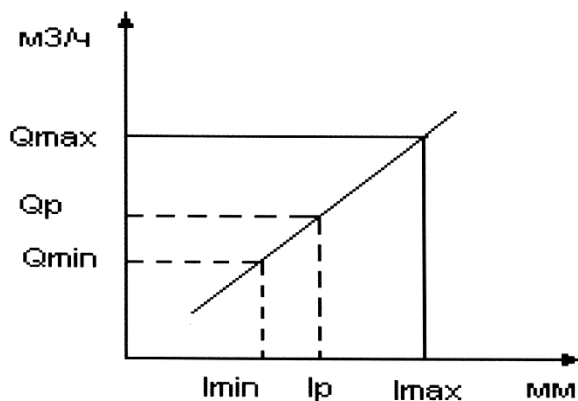


Рис. 3. Зависимость производительности щековой дробилки от размера выпускного отверстия.

Примечание:

1. В случае, если выбор дробилки производится по максимальному размеру поступающих на дробление кусков материала при расчетной производительности меньшей, чем производительность дробилки при минимальном выпускном отверстии, расчет ведется по минимальному размеру выпускного отверстия.

2. Если после первичного дробления требуется получить максимальное количество частиц материала крупного размера, принимается увеличенное значение выпускного отверстия. При этом дробилка будет иметь большую производительность, чем требуется.

После определения значения выпускного отверстия определяется гранулометрический состав щебня после первичного дробления, пользуясь графиками, разработанными институтом «ВНИИ стройдормаш» (прил. 1,2).

На основе анализа гранулометрического состава определяется необходимость сортировки полученного щебня, если в нем содержится не менее

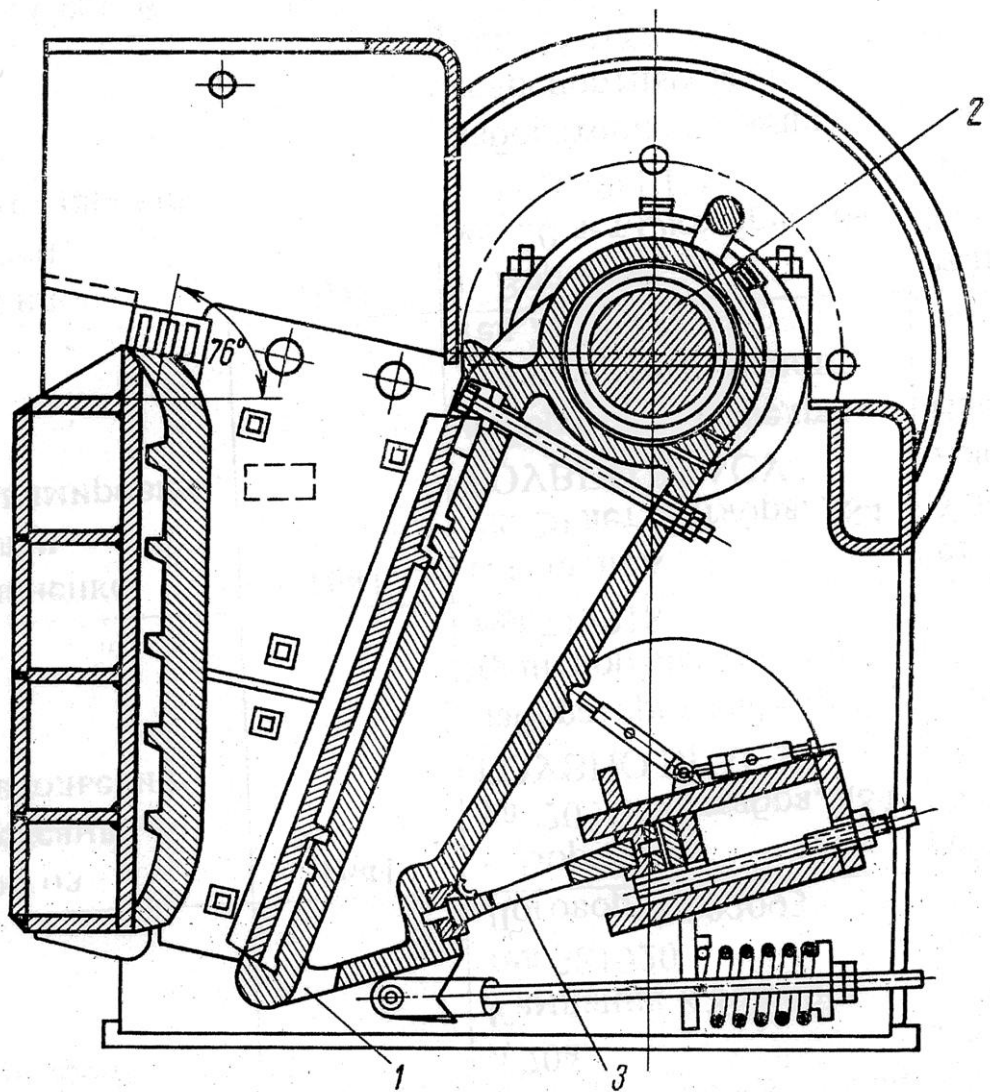


Рис. 4 – Щековая дробилка со сложным качанием щеки:
1 – подвеска подвижной щеки; 2 – приводной вал; 3 – распорная плита.

Технические характеристики щековых дробилок.

Тип дробилки	Размеры приемного отверстия ШхДхЛ, мм	Наибольший размер загружаемого материала, мм	Диапазон регулирования выходной щели, мм		Частота вращения эксцентрикового вала, с ⁻¹	Ход подвижной щеки у разгрузочного отверстия	производительность, м ³ /ч		Мощность электродвигателя, кВт	Масса без электродвигателя, т	Габаритные размеры, мм
			min	max			min	max			
<u>С ПРОСТЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ</u>											
СМД-117А	1500x2100	1300	135	225	2,08	44	310	600	250	257,9	7500x510x5120
СМД-118А	1200x1500	1000	110	190	2,5	40	175	300	160	195,7	5355x6430x4300
СМД-111А	900x1200	750	95	195	3,34	36	100	180	90	61,5	4980x4450x3300
С-664	400x600	350	40	100	5,0	38	10	25	28	7,6	1850x1742x1742
СМ-204А	600x900	510	75	200	4,0-4,5	30	28	120	80	2,6	3570x240x3000
СМ-211	500x800	430	50	125	3,75	30	25	60	40	19,2	3420x2330x2150
<u>СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ</u>											
СМД-110А	600x900	500	75	130	4,58	12	50	100	75	19,5	3000x2500x2600
СДМ-109А	400x900	340	40	90	4,83	9,5	10	40	45	11,0	2600x2400x2200
СДМ-108А	250x900	210	30	60	4,83	10	7	30	45	8,5	2300x2400x1900
СДМ-106А	250x400	210	20	80	4,58	11	3,5	12	17	2,5	1330x1300x1435
	160x190	130	12	40	3,50	-	2,5	8,0	12	4,0	1200x1800x1200

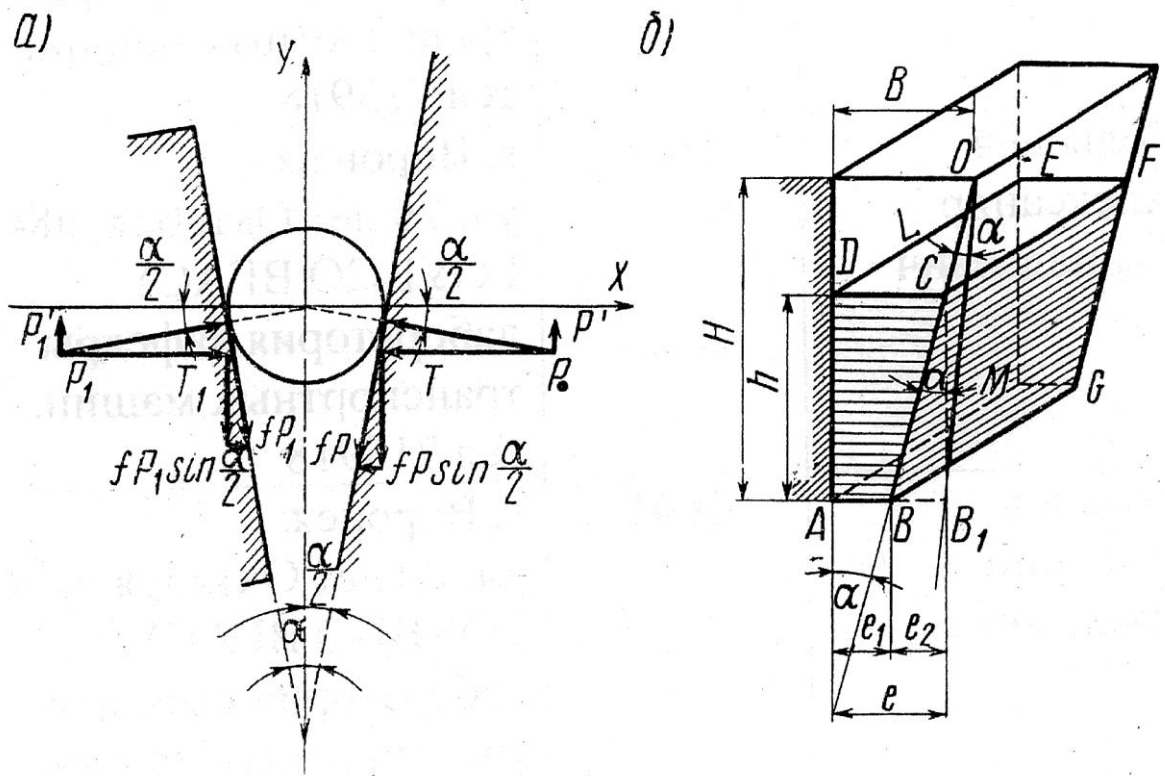


Рис. 5 Схема для расчета технологических параметров щековых дробилок:
 а – угол захвата; б – скорости вращения эксцентрикового вала и
 производительности

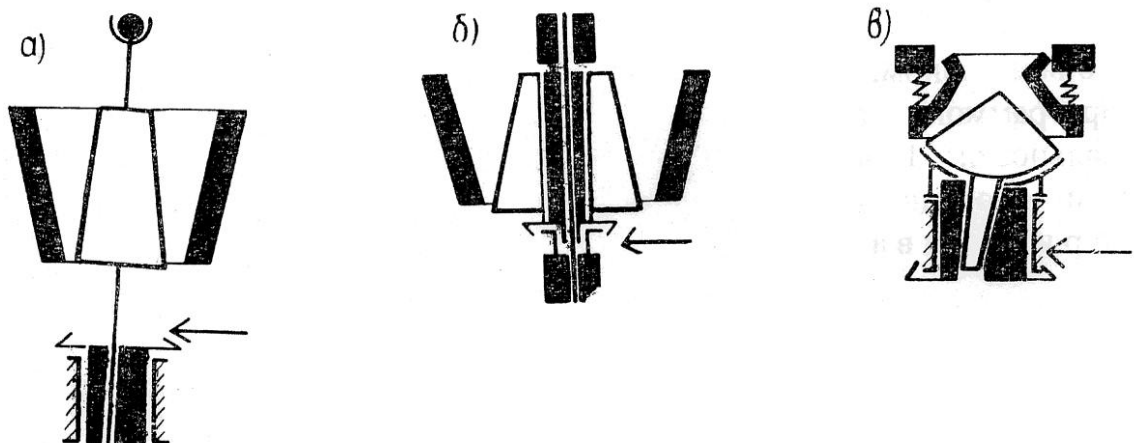


Рис. 6 – Основные типы конусных дробилок крупного дробления:
 а – с верхним подвесом дробящего конуса; б – с неподвижной осью;
 в – с консольной осью.

20...25 % материала крупностью, необходимого для ведения последующего технологического процесса.

При меньшем содержании необходимой фракции весь материал после первичного дробления направляется во вторую ступень дробления. Например, расчетный размер выпускного отверстия 100 мм. Требуемая крупность продукта после дробления 25...50 мм. По графику (прил. 1) получаем, что после дробления будет получен щебень крупностью от 0 до 125 мм. В нем содержатся фракции от 5 до 25 мм – 10 %, от 0 до 50 мм – 22 %, от 25 до 50 мм – 12 %. Следовательно, весь полученный щебень необходимо направить на вторичное дробление. Выбрав марку щековой дробилки первичного дробления, приводится ее характеристика, и определяются фактические значения производительности и потребляемой мощности по ниже приведенным формулам [4].

Производительность, ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$Q = 30 \cdot C \cdot S_{\text{ср}} \cdot L \cdot l \cdot n \cdot (B + 1) / (D_{\text{св}} \cdot \text{tg } \alpha)$$

где C – коэффициент кинематики. Для дробилок с простым качанием щеки

$C = 0,84$, со сложным $C = 1,0$;

$S_{\text{ср}}$ – средний ход щеки, равный $(0,03...0,04) \cdot B$, м;

B – ширина приемного отверстия, м;

L – длина приемного отверстия, м;

l – ширина выходного отверстия, м;

n – частота вращения вала дробилки, мин^{-1} .

$D_{\text{св}}$ – средневзвешенный размер кусков исходного материала, м

$D_{\text{св}} = (0,5...0,52) \cdot D_{\text{max}}$;

α – угол захвата, равный $\alpha = 20^\circ$.

Мощность, потребляемая дробилкой (кВт):

$$P = 0,13 \cdot E_i \cdot K_m \cdot (\sqrt{i} - 1 \sqrt{D_{\text{св}}}) \cdot Q \cdot \gamma$$

где E_i – энергетический показатель, учитывающий затраты энергии, приходящейся на 1 т материала при его дроблении от бесконечной крупности до размера равного 1 мм. Принимается в зависимости от вида горной породы. Для расчета можно принимать $E_i = 8 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$;

K_m – коэффициент, характеризующий изменение показателя E_i исходного материала в зависимости от крупности (табл. 6);

i – степень измельчения материала;

$D_{\text{св}}$ – средневзвешенный размер исходного материала, м;

Q – производительность, $\text{м}^3/\text{с}$;

V – объемная масса материала, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Значение коэффициента K_M .

Средневзвешенный размер исходного материала, мм	65	100	180	240	280	370	460
Коэффициент K_M	1,85	1,40	1,20	1,00	0,95	0,85	0,80

Для первичного дробления нетвердых сырьевых материалов, обладающих пластичностью и влажностью (слабые известняки, мергель, мел и т.п.) применяются валковые зубчатые дробилки. Их выбор производится по расчетной производительности и максимальному размеру кусков, поступающих на дробление (табл. 7).

Производительность зубчатой валковой дробилки определяется по формуле:

$$Q = 3600 \cdot L \cdot V_{\max} \cdot V \cdot \mu \cdot \gamma, \quad \text{т/ч}$$

где L – длина валков, м;

V – окружная скорость валков, м/с;

μ – коэффициент разрыхления материала, принимается $\mu = 0,25$;

γ – объемная плотность материала, т/м³;

V_{\max} – величина наибольшего куска в продукте дробления, определяемая по зависимости $V_{\max} = 1,5 \cdot l$,

где l – ширина выходного отверстия на холостом ходу дробления.

На заводах, изготавливающих известь, портландцемент по мокрой технологии с применением в качестве сырья материалов хорошо диспергирующихся в воде (мел, глина) для их предварительного измельчения широко применяются болтушки и мельницы самоизмельчения «Гидрофол» (табл. 8,9).

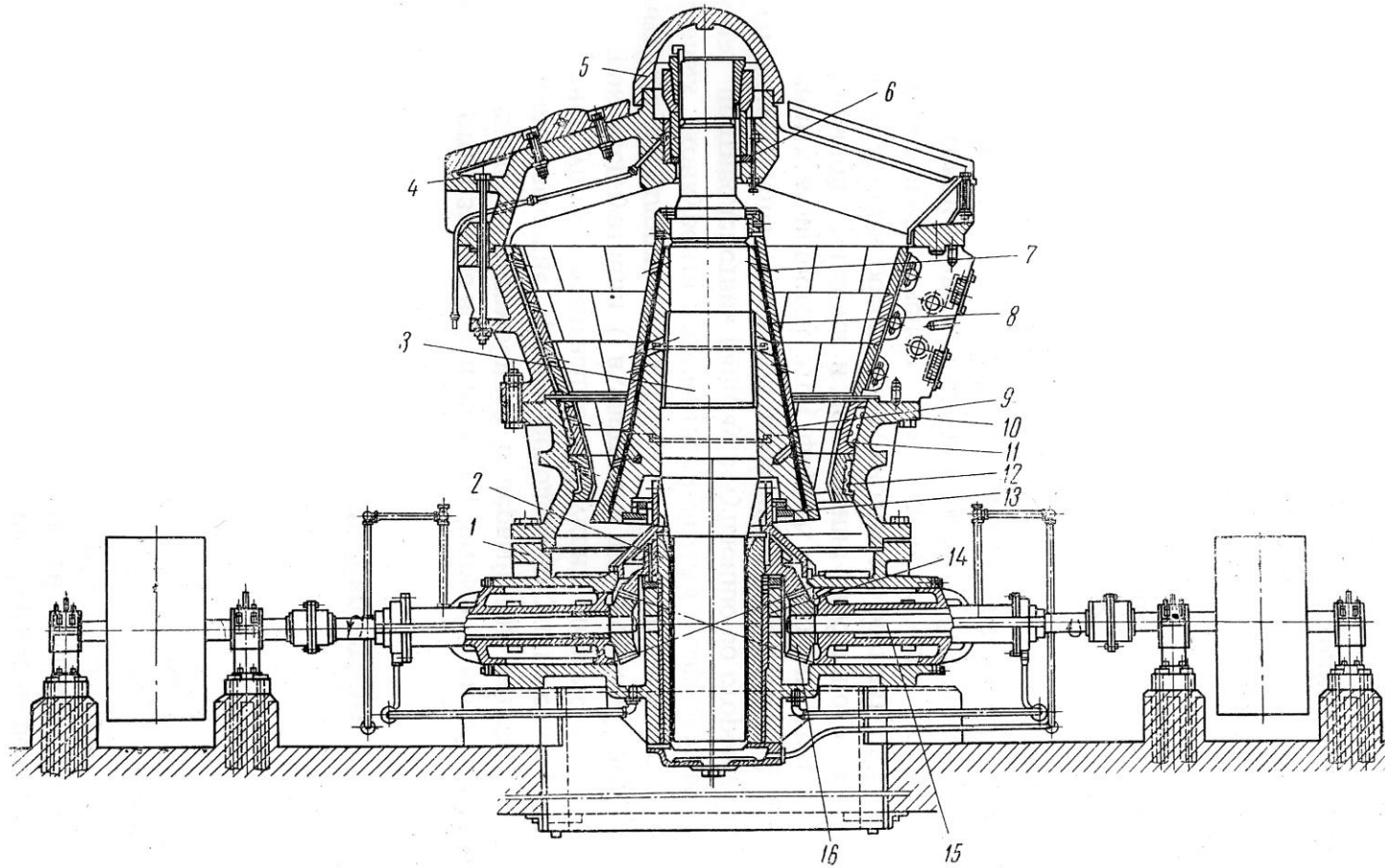


Рис. 7. Конусная дробилка крупного дробления с верхним подвесом дробящего конуса:

1 – цельнолитая нижняя часть; 2 – эксцентриковый вал; 3 – вал, геометрическая ось которого описывает коническую поверхность в точке подвеса; 4 – траверса; 5 – колпак; 6 – подвеска подвижного конуса; 7 – подвижный конус; 8 – цинковая заливка; 9 – дробящие плиты подвижного конуса; 10 – средняя часть конуса; 11 – сменная броня футеровки; 12 – цементная заливка; 13 – уплотнение; 14 – стакан для эксцентрикового вала; 15 – приводной вал дробилки; 16 – коническое колесо.

Таблица 7

Технические характеристики зубчатых валковых дробилок.

Элементы характеристики	ДДЗ-4	ДДЗ-6	ДДЗ-10	ДДЗ-16	ДДЗ-9x9	ДДЗ-15x12
Размеры валков (LxD), мм	450x500	630x800	1000x1250	1600x2000	900x900	1500x1200
Частота вращения валков, мин ⁻¹	64	50	36	41	42	40
Максимальная крупность кусков питания, мм	300	600	1000	1300	360	900
Максимальная крупность дробленого продукта, мм	100	125	200	300	100	150
Ориентировочная производительность, т/ч	50	125	320	1000	120	150
Мощность электродвигателя, кВт	11	20	50	320	40	75
Масса дробилки без электрооборудования, т	3,1	5,2	-	124	13,3	32

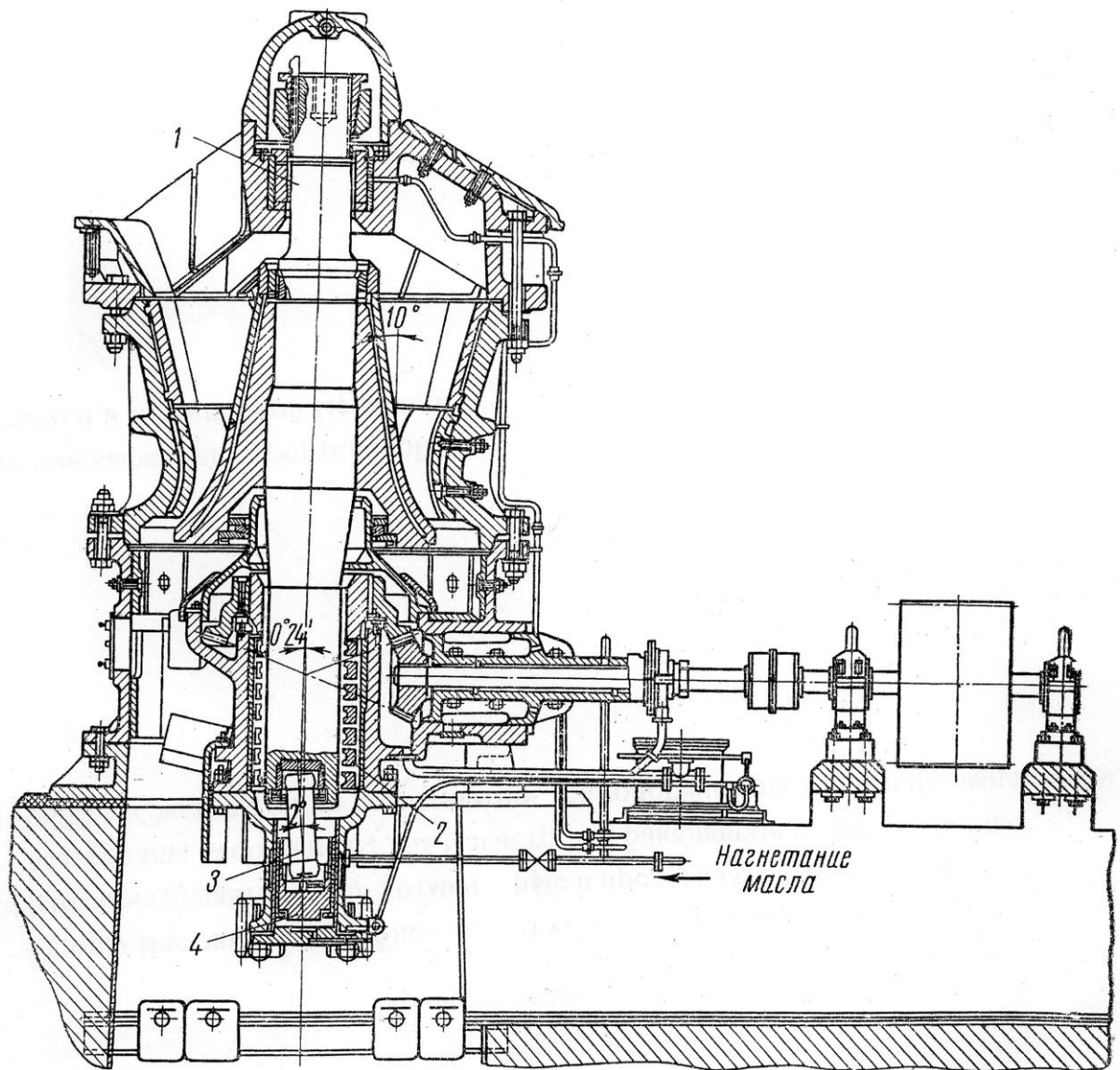


Рис. 8. Конусная дробилка крупного дробления с гидравлическим подпятником:

1 – ось дробилки; 2 – эксцентриковый стакан; 3 – скалка; 4 – поршень.

Таблица 8

Технические характеристики болтушек.

Элементы характеристики	Диаметр резервуара, м		
	7	8	12
Размельчаемый материал	глина	глина мел	мел глина суглинки лёсс
Наибольший размер кусков материала, мм	200	500	500
Частота вращения мешалки, мин ⁻¹	10,5	10...12	9...12
Производительность, т/ч	15	14...75	30...100
Мощность привода, кВт"	55	100	160
Завод-изготовитель	В О Л Г О Ц Е М М А Ш		

Таблица 9

Техническая характеристика мельниц самоизмельчения «Гидрофол».

Элементы характеристики	ММС-50	МБ-50	ММС-70-23С	МБ-70-23
Диаметр барабана, м	5			
Длина барабана, м	2,3			
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	15,24			
Наибольший размер кусков материала, мм	500			
Производительность, т/ч	300-мел, 500-глина		400...500-мел, 320...490-мел+глина 500-глина	
Тонкость помола P ₀₀₈ , %	70	25...35	25...35	25...35
Влажность шлама, %	40	60	33...50	42
Мощность привода, кВт	630	1000	1613	1613
Загрузочное устройство	Пластинчатые питатели			
Транспорт шлама-насоса	6ФШ-7А	6ФШ-7А	12У-10М	12У-10М
Завод-изготовитель	Саранский завод тяжелого машиностроения			

Нормальная работа дробилок первичного дробления обеспечивается комплексом вспомогательного оборудования, которое должно правильно выбираться.

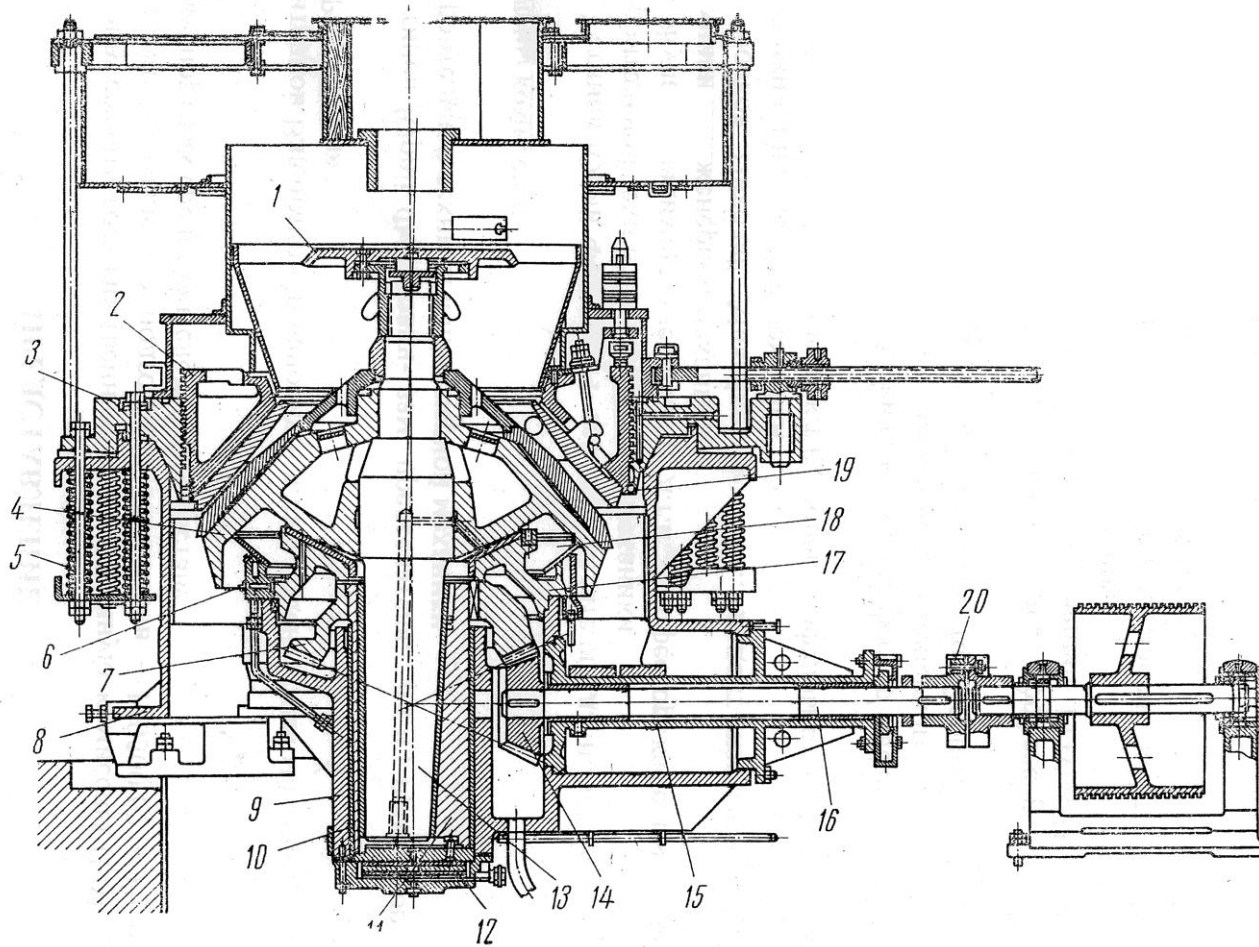


Рис. 9. Конусная дробилка мелкого дробления:

1 – распределительная тарелка; 2 – регулировочное кольцо; 3 – опорное кольцо; 4 – подвижный конус; 5 – пружина; 6 – сферический подпятник; 7 – коническое зубчатое колесо; 8 – станина; 9 – цилиндрическая втулка; 10 – бронзовая втулка; 11 – эксцентриковый стакан; 12 – подпятник; 13 – вал; 14 – малая коническая шестерня; 15 – конус приводного вала; 16 – приводной вал; 17 – опорная чаша; 18 – гидравлический затвор для защиты от пыли; 19 – плиты футеровки; 20 – упругая муфта.

Таблица 10

Техническая характеристика пластинчатых питателей.

ПОКАЗАТЕЛИ	СМ-97Б	СМ-59В	С-640	С-641	С-704	Ново-Каматорский машиностроительный завод	
	К дробилкам с размером загрузочного отверстия, мм						
	400x600 500x800	600x900 500x800	600x900 900x1200	500x800 600x900	600x900 900x1200	900x1200 600x900	900x1200 600x900
Производительность, м ³ /ч при горизонт. положении (в зависимости от скорости)	28, 35, 44, 6, 54	81, 103, 127, 158	110-225	33-66,5	93-270	120	120
Ширина ленты, мм	800	1000	1000	800	1200	1200	1200
Длина ленты, мм	6000-7000	3000	6000	9000	4500	10000	6000
Угол наклона ленты, град.	0-25	0-15	-	-	15	0-15	0-15
Мощность эл. двигателя, кВт	4,5	4,5	5,3	5,3	20	13	29
Частота вращения, мин ⁻¹	1440	1440	950	950	1440	1440	1440
Масса питателя, т	8,4	5,8	4,4	6,8	12,2	39,5	63,2
Габаритные размеры, мм							
длина	7120	4120	4180	7060	10110	7076	12576
ширина	2700	2800	3120	2930	4000	5142	5522
высота	1300	1400	1100	1055	1400	2346	2346

Таблица 11

Техническая характеристика молотковых дробилок.

Элементы характеристики	С-218М	СМ-431	СМ-19А	СМ-170В	СМД-97А	ДМРИЭ-14, 5х13 реверсив
Размеры ротора, мм						
диаметр	600	800	1000	1300	2000	1450
длина	400	600	800	1600	2000	1300
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	1250	1000	1000	735	600	985
Размер загружаемых кусков, мм	до 150	до 250	до 300	до 300	до 600	80
Крупность дробленого продук- та, мм	0...30	0...13	0...25	0...20	0...15	0...3
Производительность, т/ч (по известняку)	8...10	10...24	35...45	150-200 по углю	до 600	до 250
Мощность электродвигателя, кВт	14	55	115	360	630	700
Масса дробилки (без электро- двигателя)	1,3	2,3	5,0	12,5	46,0	19,0

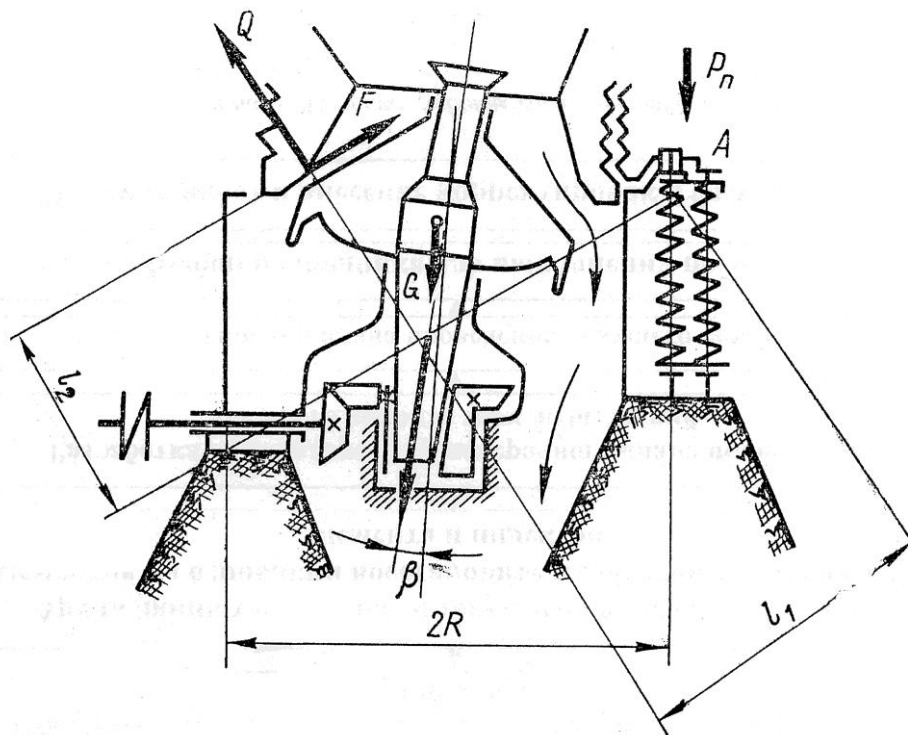


Рис. 10. Схема определения величины дробящего усилия:

Q – величина дробящего усилия, Н; G – сила тяжести массы неподвижного конуса с опорным кольцом, Н; P_n – усилие предварительной затяжки пружины, Н; n – число пружин; $F = Q \cdot f$ – сила трения пород о конус, Н; f – коэффициент трения породы о сталь; l_1, l_2, R – плечи сил; Q, F, P_n – относительно точки А.

Из уравнения моментов определяем Q

$$Q = \frac{(G + P_n \cdot n)R}{\lambda_1 + f \cdot \lambda_2}, \text{ Н.}$$

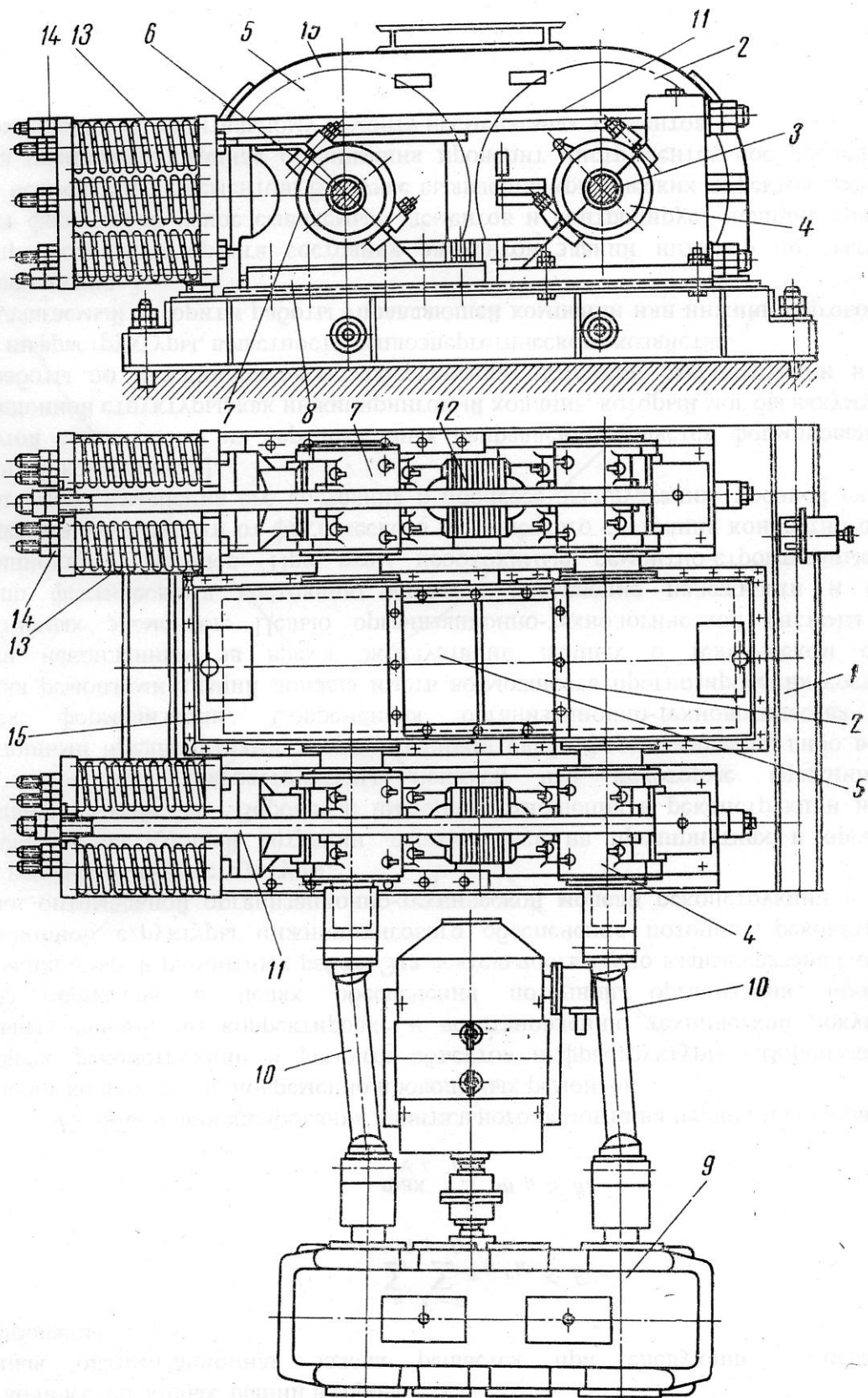


Рис. 11. Валковая дробилка с гладкими валками: 1 – станина; 2 – валки; 3 – вал с насаженным правым валком 2; 4 – подшипники неподвижные; 5 – подвижный левый валок; 6 – вал; 7 – подшипники подвижные; 8 – направляющие для подвижных подшипников; 9 – редуктор; 10 – карданные валы; 11 – тяги; 12 – прокладки; 13 – пружины; 14 – затяжные гайки; 15 – кожух.

Конструкция и емкость приемного бункера зависит от вида транспорта, крупности кусков материала, содержания глины и других загрязняющих включений. Он выполняется с наклонными боковыми и задней стенками. Угол наклона стенок $50...60^\circ$. Выходное окно из бункера должно иметь высоту в $2,5...3$ раза больше размеров кусков материала. Длина нижнего отверстия бункера определяется размерами пластинчатого питателя, подобранного в зависимости от дробилки первичного дробления (табл. 10). Расстояние от оси барабанов питателя до переднего и заднего краев бункера должно быть не менее $800...1000$ мм. Ширина нижнего отверстия бункера должна быть не менее двух максимальных размеров куска материала и составлять примерно $0,8$ ширины ленты питателя. Над бункером устанавливается решетка для улавливания негабаритных кусков материала. Для отбора мелких кусков материала, не требующих дробления, между питателем и дробилкой устанавливается колосниковый (подвижный или неподвижный) грохот. Для неподвижной колосниковой решетки соотношение между длиной и шириной $L/B = 3...4$, а угол ее наклона $30...40^\circ$. Под пластинчатым питателем необходимо предусматривать улавливание просыпи через щели питателя с направлением ее на общий сборный ленточный конвейер.

Необходимую вместимость приемного бункера можно определить по формуле:

$$V_6 = K \cdot Q + W, \quad \text{м}^3$$

где V_6 – вместимость приемного бункера, м^3 ;

K – коэффициент запаса, обеспечивающий независимую работу дробилок в случае непредвиденных задержек работы транспорта, $K \approx 0,3$;

Q – производительность дробилки первичного дробления, $\text{м}^3/\text{ч}$;

W – емкость кузова транспортного средства, м^3 .

3.2. Выбор и расчет оборудования узла вторичного дробления

Для вторичного дробления применяют различные дробилки, выбор типа которых зависит от физических свойств материала и технологических требований к получаемому продукту. Такими дробилками могут быть щековые, конусные среднего и мелкого дробления, молотковые. Их выбор производится по производительности, максимальному размеру кусков, поступающих после первичного дробления и размера получаемого продукта. Этот размер зависит от требований дальнейшей технологической обработки материала (сушка, обжиг, тонкое измельчение в мельнице и др.).

Выбирая дробилку вторичного дробления, необходимо стремиться к тому, чтобы она была последней ступенью дробления. Однако, если выявится необходимость в третьей стадии дробления, необходимо материалы направить на сортировку с последующим дроблением крупной фракции в дробилке вторичного дробления, приняв замкнутую схему измельчения материала.

Молотковые дробилки рационально применять для измельчения малоабразивных материалов с пределом прочности на сжатие не более 150 МПа (известняки, доломиты, мергели, гипс, шлак и др.). имея высокую степень измельчения, эти дробилки выдают достаточно мелкий продукт, максимальный размер частиц которого в 1,5...2 раза меньше ширины выпускной щели колосниковой решетки (табл. 11).

Молотковые дробилки могут применяться также для дробления липких и влажных материалов, имеющих влажность до 20 % (мел, известняк, мергель, глина, трепел, опока). Они имеют самоочищающиеся устройства (ДМПП-1, СДМ-102), а двухроторная ударно-отражательного действия (СМЦ-209) укомплектована устройством для подсушки материала горячими газами (табл. 12).

Таблица 12

Техническая характеристика молотковых дробилок для измельчения влажных материалов.

Элементы характеристики	Самоочищающиеся		С подсушкой
	ДМПП-1	СДМ-102	СМЦ-209
Размеры ротора, мм:			
диаметр	1200	2000	1600
длина	1000	2000	1650
Размер загружаемых кусков материала, мм	400	600	300
Размер материала после измельчения	0...50	0...100	0...40
Частота вращения ротора, мин. ⁻¹	735	600	500
Производительность, т/ч	250	600	100
Мощность электродвигателя, кВт	160	800	150
Масса дробилки, т	25	62	55

Производительность молотковой дробилки определяется по эмпирической формуле:

$$Q = 100 \cdot D^2 \cdot L \cdot n / 1000, \text{ м}^3/\text{ч при } D > L,$$

$$Q = 100 \cdot D \cdot L^2 \cdot n / 1000, \text{ м}^3/\text{ч при } D < L,$$

где D – диаметр ротора, м; L – длина ротора, м; n – частота вращения ротора, мин.⁻¹

Мощность двигателя молотковой дробилки определяется по эмпирической формуле:

$$P = 0,15 \cdot D^2 \cdot L \cdot n, \text{ кВт или}$$

$$P = 7,5 \cdot D \cdot L \cdot n / 60, \text{ кВт}$$

где D – диаметр ротора, м;

L – длина ротора, м;

n – частота вращения ротора, мин.⁻¹.

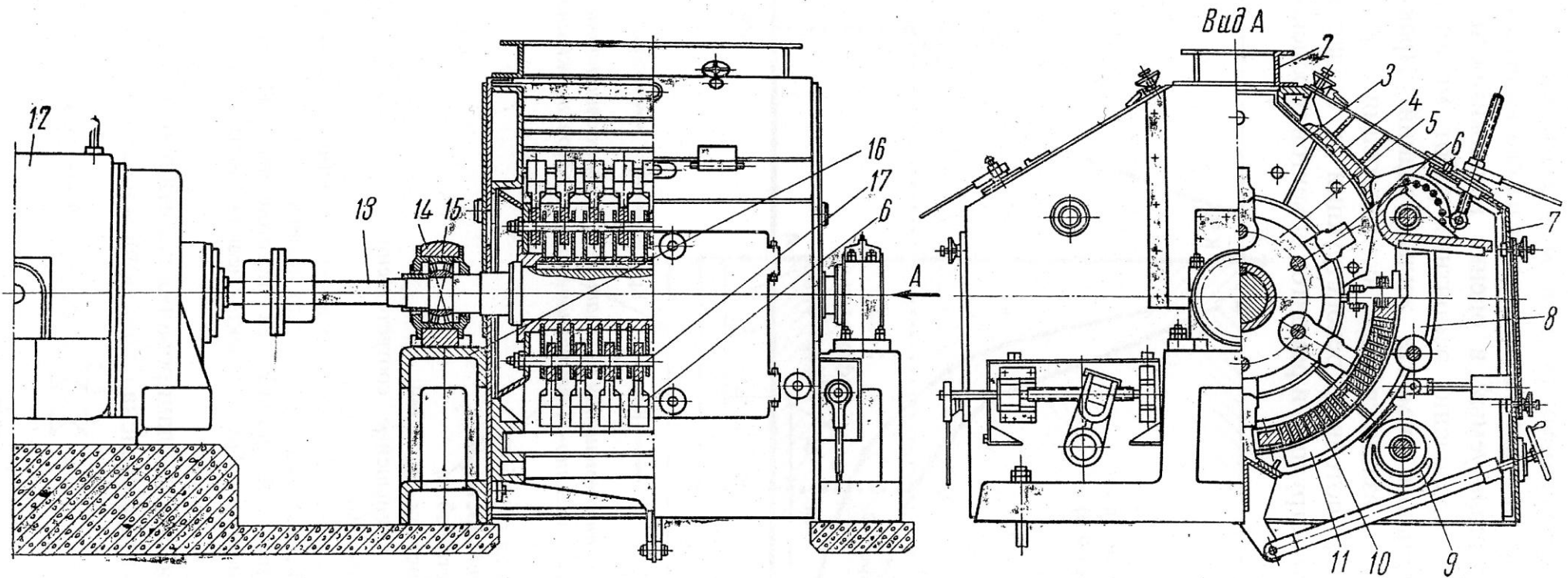


Рис. 12. Неревверсивная молотковая дробилка:

- 1 – крышка; 2 – воронка; 3 – футеровочные плиты; 4 – отбойная плита; 5 – ротор дробилки; 6 – молотки; 7 – корпус; 8 – колосниковая решетка; 9 – механизм подъема колосниковых решеток; 10 – колосники; 11 – дугообразные полосы; 12 – электродвигатель.

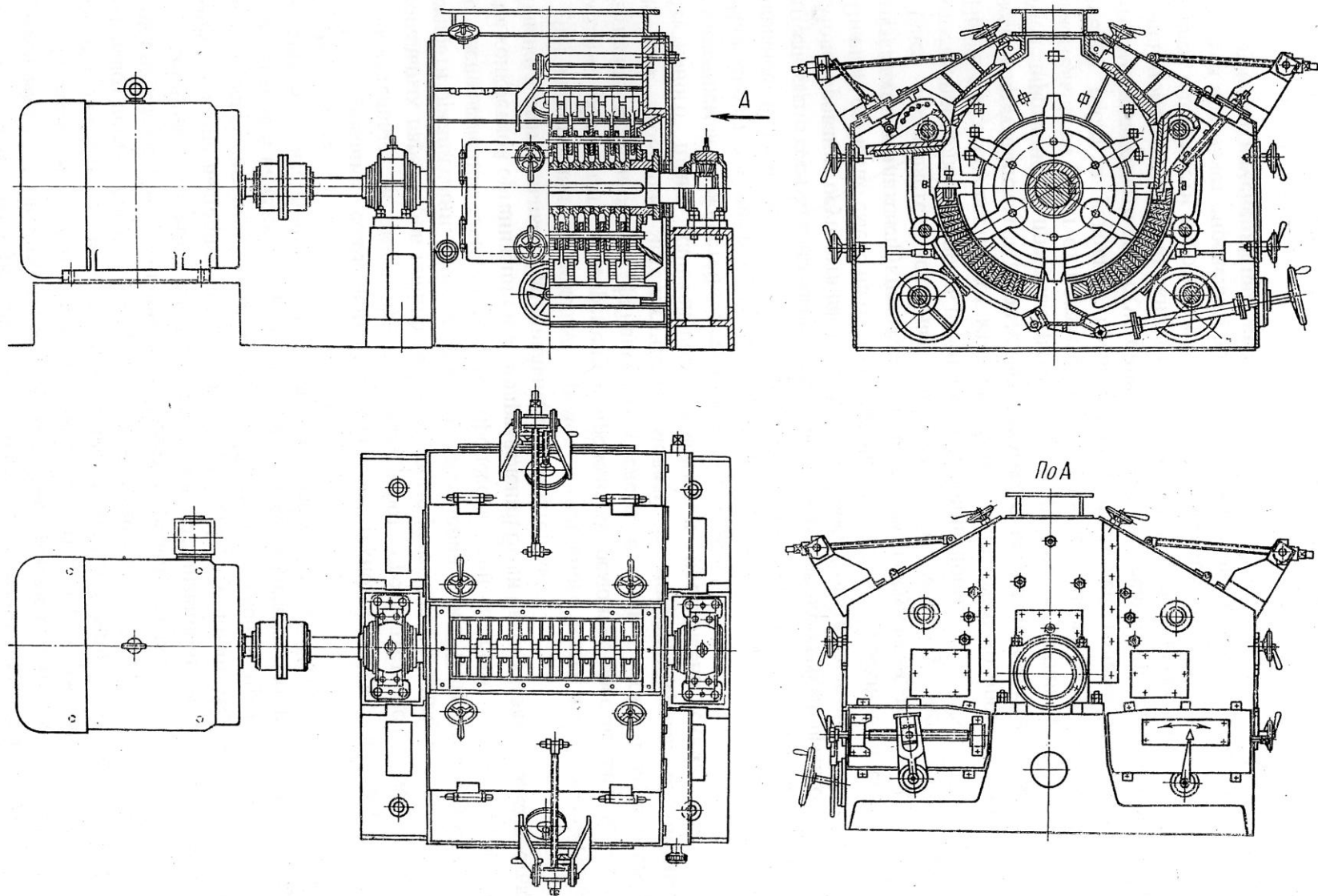


Рис. 13. Реверсивная молотковая дробилка

Техническая характеристика конусных дробилок среднего и мелкого дробления.

Тип дробилки	Диаметр основания дробящего конуса, мм	Набольший размер загружаемых кусков материала, мм	Ширина приемного отверстия, мм	Диапазон регулирования выходной щели, мм		Частота вращения вала	Длина параллельности, мм	Мощность электродвигателя, кВт	Производительность, м ³ /ч		Масса, т	Габаритные размеры, мм	
				min	max				min	max			
КСД-600А	600	30	40	6	16	350	-	75	3	13	8,0	2300x1350x2500	
КСД-600 Б	600	60	75	12	25	370	-	75	12	25	4,3		
КСД-900В	900	100	115	15	50	350	75	55	30	55	11,6		
КСД-900А	900	60	75	5	20	350	75	55	8	40	11,6		
КСД-1200Б	1200	150	170	20	50	260	110	75	70	105	24,0		
КСД-1200А	1200	100	115	8	25	260	100	75	30	35	24,0		
КСД-1750Б	1750	225	250	25	60	245	140	160	160	300	47,0		
КСД-1750А	1750	190	215	10	30	245	140	160	60	100	47,0		
КСД-2200Б	2200	300	350	30	60	224	175	280	340	580	85,0		
КСД-2500Б	2500	380	450	45	70	200	200	2x280	620	810	-		
КСД-2200А	2200	250	275	10	30	225	175	280	120	340	85,0		
КСД-3000А	3000	400	475	15	40	-	-	-	275	700	-		
КМД-1200	1200	35	45	3	13	260	-	75	12	55	24		3300x2600x3500
КМД-1750	1750	85	100	5	15	245	-	160	40	120	47		
КМД-2200	2200	100	130	5	15	220	-	280	75	220	85		
КМД-2500	2500	150	180	5	15	-	-	-	120	360	-		
КМД-3000	3000	170	200	6	20	-	-	-	180	600	-		

Для дробления материалов, имеющих повышенную твердость и не содержащих пластичных примесей ($\sigma_b > 150$ МПа) во второй, третьей стадиях измельчения применяются конусные дробилки среднего и мелкого дробления.

Выбор необходимой конусной дробилки производится в следующей последовательности. По графику гранулометрического состава продуктов дробления, приводимых для конусных дробилок среднего дробления (прил. 3) определяется расчетное значение выпускного отверстия, обеспечивающего выход материала из дробилки с крупностью кусков не более требуемого.

Пользуясь таблицей технических характеристик дробилок (табл. 13) и ориентируясь на наибольший размер загружаемых кусков материала, получаемого после первичного дробления, производительность и диапазон регулирования выходного отверстия выбирается типоразмер дробилки.

Например, известно, что производительность технологической линии $180 \text{ м}^3/\text{ч}$, максимальный размер кусков, поступающих на вторичное дробление 170 мм , максимальная крупность получаемого продукта 60 мм . По графику видим, что ширина выходного отверстия должна быть 40 мм . По таблице 13 находим дробилку КСД-1750Б, которая может принять куски с максимальным размером 225 мм и может иметь ширину выпускного отверстия 40 мм . Дробилки КСД-1750Ф и КМД-3000 не могут быть приняты, т.к. не могут иметь выпускное отверстие 40 мм .

Фактическая расчетная производительность принятой дробилки определяется по формуле:

$$Q_p = Q_{\min} + (Q_{\max} - Q_{\min}) / (l_{\max} - l_{\min}) \cdot (l_p - l_{\min}), \text{ м}^3/\text{ч}$$

где l_p – расчетная величина выходного отверстия, полученная по графику гранулометрического состава, мм;

l_{\max} , l_{\min} – минимальная и максимальная ширина отверстия, мм;

Q_{\max} , Q_{\min} – максимальная и минимальная производительность дробилки, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Для приведенного примера:

$$Q_p = 160 + (300 - 160) / (60 - 25) \cdot (40 - 25) = 220 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Конструктивная производительность конусных дробилок среднего и мелкого дробления определяется по формуле:

$$Q_p = 60 \cdot \pi \cdot e \cdot L \cdot D \cdot n \cdot K_p, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где e – ширина выходного отверстия при максимальном отходе конуса, м;

L – длина зоны параллельности, в которой внутренняя поверхность неподвижного конуса параллельна наружной поверхности подвижного конуса $L = (0,07 \dots 0,08) \cdot D$;

D – нижнее основание подвижного конуса, м;

n – частота вращения подвижного конуса, мин^{-1} ;

K_p – коэффициент разрыхления материала, $K_p = 0,4 \dots 0,5$.

Мощность привода конусных дробилок среднего и мелкого дробления определяется по формуле:

$$P = 12,6 \cdot D^2 \cdot n, \text{ кВт}$$

где D – нижнее основание подвижного конуса, м;
 n – частота вращения подвижного конуса, с^{-1} .

3.3. Выбор и расчет сортировочного оборудования

Сортировка раздробленных материалов производится на механических грохотах, которые бывают вибрационными и барабанными. Последние обладают спокойной работой, но имеют низкое качество сортировки, поэтому преимущественное применение имеют плоские вибрационные грохоты.

Выбор сортировочного оборудования определяется расчетной производительностью и гранулометрическим составом материала на соответствующем участке технологического процесса.

При расчете вибрационных грохотов определяются необходимые площади сит, их количество в грохоте и количество грохотов в технологической линии. Для многоситового грохота расчет производится по каждому сити, после чего выбирается типоразмер грохота по площади наибольшего сита.

Расчет требуемой площади сит производится по формуле:

$$F = Q / (m \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2), \text{ м}^2$$

где F – площадь сита, м^2 ;

Q – расчетная производительность технологической линии, $\text{м}^3/\text{ч}$;

M – коэффициент, учитывающий неравномерность питания грохота материалом, форму зерен и положение сит (горизонтальное или наклонное), принимается по таблице 14;

Q – удельная производительность сита с м^2 в $\text{м}^3/\text{ч}$. Принимается по таблице 15 в зависимости от размера квадратного отверстия сита, значения которых приведены в таблице 16;

K_1 – коэффициент, учитывающий процентное содержание фракций нижнего класса в исходном материале, принимаемый по таблице 17;

K_2 – коэффициент, учитывающий процентное содержание в нижнем классе зерен, размер которых меньше половины размера отверстия сита, принимаемый по таблице 18.

Таблица 14

Значение коэффициента m .

Положение сита грохота	Значение коэффициента	
	гравий	щебень
Горизонтальный	0,8	0,65
наклонный	0,6	0,5

Таблица 15

Значение удельной производительности q .

Размеры квадратных отверстий в сите	5	7	10	14	16	18	20	25	35	37	40	42	65	70
Значения q , $(\text{м}^3/\text{ч})/\text{м}^2$	12	16	23	32	37	40	43	46	56	60	62	64	80	82

Таблица 16

Характеристика проволочных металлических сит для грохочения кусковых материалов.

Размер граничного зерна фракций, мм	Размер квадратного отверстия сита, мм	
	горизонтального	наклонного $\alpha = 20^\circ$
5	6	6,5
6	7	7,5
9	10	10,5
15	16	15
20	22	22
25	26	28
35	36	38
40	42	45
45	48	50
50	52	55
60	65	68
75	80	85
80	85	90

Таблица 17

Значение коэффициента K_1 .

Содержание фракций нижнего класса, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90
K_1	0,58	0,66	0,78	0,84	0,92	1,00	1,08	1,17	1,25

Таблица 18

Значение коэффициента K_2 .

Содержание в нижнем классе зерен, меньших 0,5 размера отверстий сита, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90
K_2	0,63	0,72	0,82	0,91	1,00	1,09	1,18	1,28	1,37

Выполнив расчет по каждому сити грохота по максимальному расчетному значению площади сита, по таблице 19 принимается стандартный грохот.

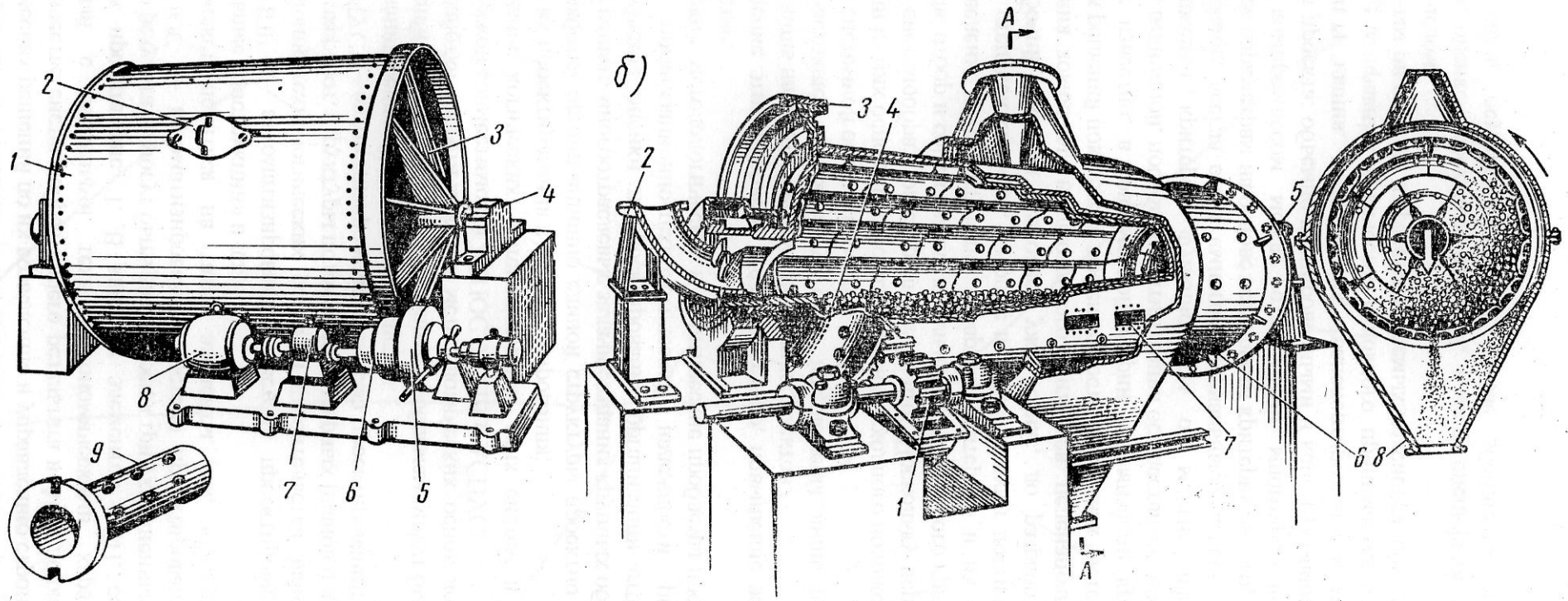


Рис. 15. Шаровые мельницы:

а – периодического действия:

1 – барабан; 2 – крышка люка; 3 – днища (их два); 4 – подшипники; 5 – фрикционная муфта; 6 – цилиндрическая передача; 7 – редуктор; 8 – электродвигатель.

б – непрерывного действия:

1, 3 – зубчатые колеса; 2 – цапфа; 4 – мелющие тела; 5 – пустотелая цапфа; 6 – барабан; 7 – отверстия; 8 – приемник.

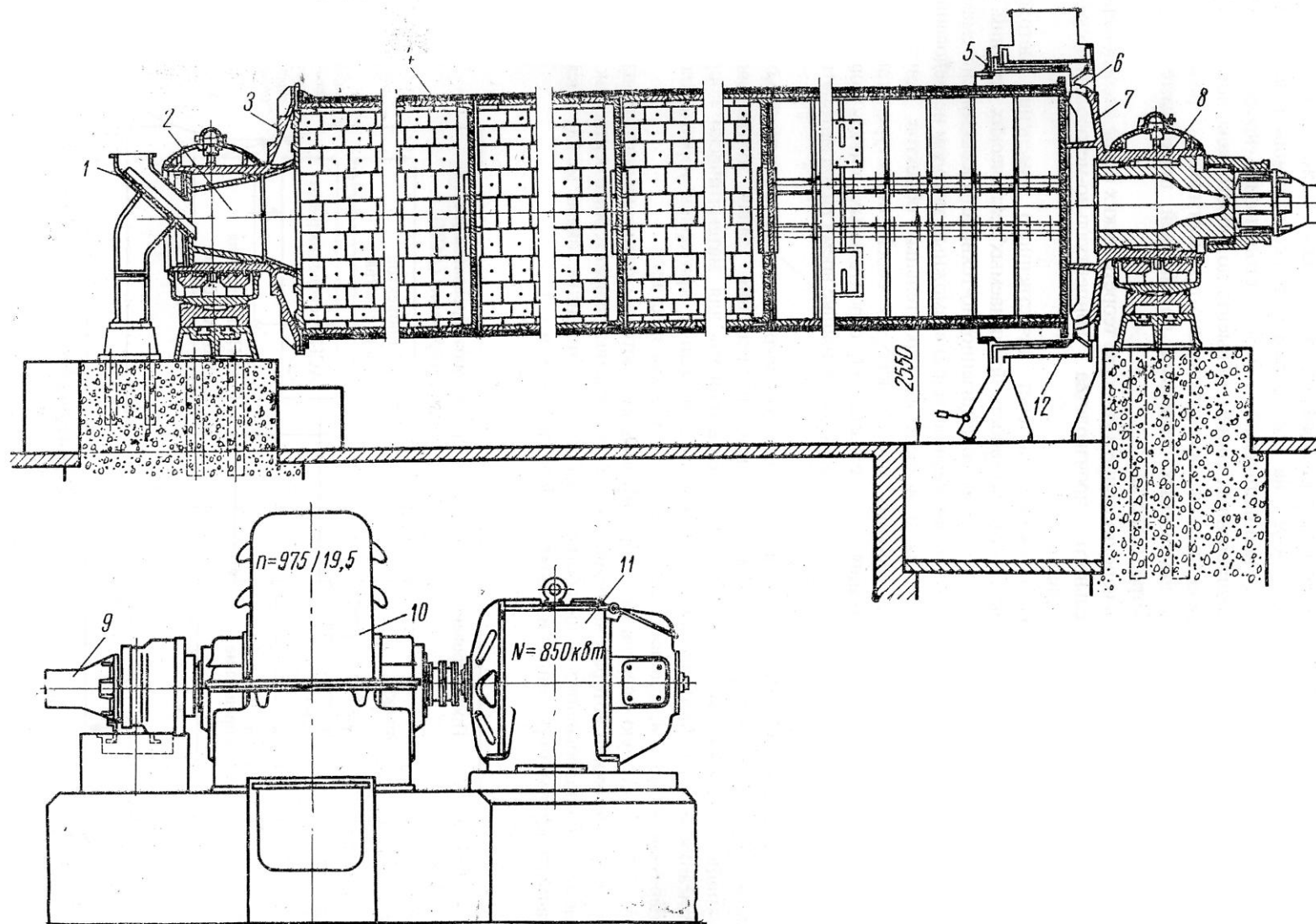


Рис. 16. Грубая многокамерная мельница:

1 – воронка; 2, 8 – цапфа; 3, 7 – днища; 4 – барабан; 5 – уплотняющие кольца; 6 – овалы отверстия; 9 – соединительный вал; 10 – редуктор; 11 – электродвигатель

Таблица 19

Техническая характеристика инерционных наклонных грохотов легкого, среднего и тяжелого типа.

ПАРАМЕТРЫ	Обозначение по ГОСТ 23788-19Е								
	ГИЛ-32	ГИЛ-42	ГИЛ-43	ГИС-32	ГИС-42	ГИС-52	ГИТ-31	ГИТ-41	ГИТ-42
	Заводская марка								
	ГИЛ-32	ГИЛ-42	ГИЛ-43	С-740	С-784	С-785	С-724	СМ-690	172 ГР
Размеры просеивающей поверхности, мм									
ширина	1250	1500	1500	1250	1500	1750	1250	1500	1500
длина	2500	3750	3750	3000	3750	4500	2500	3000	3000
Площадь одного сита, м ²	3,125	5,625	5,625		5,625	7,875			
Количество сит	2	2	3	2	2	2	1	1	2
Размеры отверстий сит, мм									
верхнего	50	50	50	40x40	40x40	40x40	колос-	колос-	80x80
нижнего	6,8,10, 13,20, 25	6,8,10, 13,20, 25	6,8,10, 13,20, 25	12x12	12x12	12x12	нико- вый	нико- вый	12x12
Максимальная крупность кусков исходного материала, мм	100	до 150	до 200	100	до 150	до 150	750	1000	до 2000
Угол наклона короба, град.	10-15	20-25	10-25	15-30	10-25	10-25	15-30	15-30	25
Ориентировочная производительность, т/ч	до 100	180	170	200	-	-	до 350	до 450	400
Амплитуда колебаний короба, мм	2,5	3; 3,5	2,5; 3	3	4,5	3,7	3	3	4
Частота вращения вала вибратора, мин ⁻¹	1150	900,1000	900,1000	1170	900	900	800	800	750
Мощность электродвигателя, кВт	4	10	10	7,5	10	10	10	13	
Масса грохота, кг	1500	3035	3800	2150	3250	3700	3000	5100	

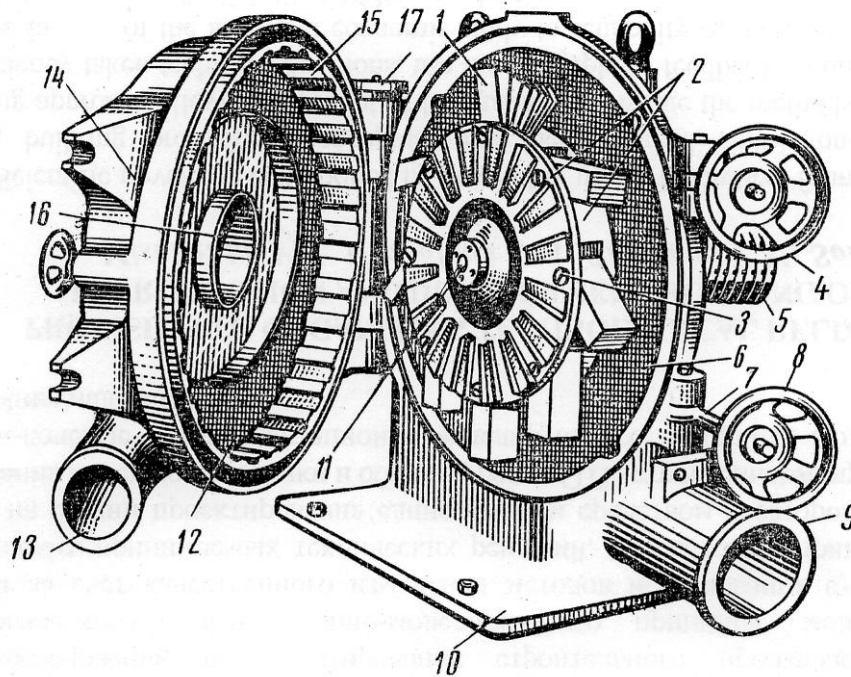


Рис. 17. Молотковая мельница с шарнирными молотками:
 1 – молотки; 2 – диски; 3 – оси; 4, 8 – маховики; 5 – шкив клиноременной передачи; 6, 12 – сита; 7 – болты; 9, 13 – патрубки.

Если стандартное значение площади принятого грохота меньше расчетного, максимальное значение определяется количеством грохотов, работающих параллельно.

Выбрав и рассчитав необходимое дробильное и сортировочное оборудование, выполняется на миллиметровке поузловая компоновка оборудования в масштабе, соединяя выбранные машины в единую технологическую линию оборудованием непрерывного транспорта, методика выбора и расчета которого приводится в [10].

4. Выбор и расчет оборудования для тонкого измельчения материалов

В промышленности строительных материалов тонкому измельчению (помолу) подвергаются различные строительные материалы: цементный клинкер, известняк, мел, мергель, гипс, комовая известь, шлак, уголь и др. В зависимости от свойств материала и требований к конечному продукту для помола, применяются мельницы разнообразных конструкций: барабанные, кольцевые, валковые, вибрационные, ударного действия (шахтные и корзинчатые), самоизмельчения и струйные.

Наибольшее применение для помола строительных материалов имеют барабанные мельницы. В зависимости от соотношения длины и диаметра барабана они называются шаровыми ($L/D < 3$) и трубками ($L/D > 3$). Эти мельницы могут быть периодического и непрерывного действия, работающие по открытому и замкнутому циклу.

Барабанные мельницы обычно работают в сочетании с дозирующим, транспортным, классифицирующим оборудованием, образуя единый технологический процесс. В качестве классификаторов используются при сухом измельчении – грохоты, сепараторы, циклоны, фильтры, а при мокром – грохоты, гидроциклоны. Для дозирования и транспортировки материала применяются весовые и объемные дозаторы (питатели), ленточные конвейеры, элеваторы, пневможелоба, пневмо и гидронасосы.

Для выбора конкретного оборудования, входящего в состав измельчительной установки, необходимо составить технологическую схему цепи аппаратов, расположив все оборудование в технологической последовательности. Размещение принимаемого оборудования в соответствующем масштабе позволит определить габаритные размеры всей измельчительной установки.

Выбор конструктивной схемы барабанной мельницы производится с учетом определенных технологических факторов, а именно: сухой или мокрый способ производства, вид измельчаемого материала, требуемой тонкости помола, производительности, размолотоспособности материала и других. В промышленности строительных материалов преимущественное применение имеют барабанные и многокамерные мельницы с разгрузкой и выгрузкой материала через полые цапфы и разгрузочную решетку у выходного отверстия (табл. 20, 21). Однокамерные мельницы выбираются при невысоких производительностях, в зависимости от требуемой тонкости помола могут работать по открытой и закрытой схемам с применением различных классификаторов. Однокамерную мельницу сухого помола рекомендуется выбирать при помоле

Таблица 20

Техническая характеристика шаровых мельниц.

Элементы характеристики	Сухое измельчение			Мокрое измельчение		
	900x1800	1500x1600	1500x1600	МШР 1500x1600	МШР 2100x3000	МШР 2700x3600
Внутренний диаметр барабана, мм	800	1500	1500	1500	2100	2700
Длина барабана, мм	1800	1600	5600	1600	3000	3600
Рабочий объем барабана, м ³	1,0	2,2	8,0	2,3	8,8	18
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	42	30	29	30	24,4	21
Количество камер	1	1	2	1	1	1
Ориентировочная производительность т/ч (по извести)	1,5	6,0	6...7	-	-	-
Масса шаровой загрузки, т	1,6	3,0	11,0	4,8	18,3	37
Мощность электродвигателя, кВт	20	55	125	55	200	400
Габаритные размеры в сборе, мм						
длина	5120	7270		4900	8900	9700
ширина	1400	2215		3100	4800	6400
высота	1430	2280		2500	380	5050
Масса мельницы (без двигателя и шаров), т	3,7	14,9	37	16,5	45,5	78

Таблица 21

Техническая характеристика трубных многокамерных мельниц.

Элементы характеристики	2,0x10,5	2,6x13	3,2x8,5	3,2x15	4,0x13,5	4,2x10,0
Производительность, т/ч	10-56	26-120	36-105	50	75-100	130
Диаметр барабана, мм	2000	2600	3200	3200	4000	4200
Длина барабана, мм	10500	13000	8500	15000	13500	10000
Количество камер	4	4	2	3	2	2
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	21	16	18,8	16,3	16,2	16,53
Масса мелющих тел, т	32	70	85	140	226	140
Мощность электродвигателя, кВт	350	820	1250	2000	3200	2000
Масса мельницы (без привода и шаров), т	69	137	215	356	486	330

известии-кипелки в связи с необходимостью быстрого вывода из барабана тонко измельченных частиц известии, которые склонны к агрегированию и налипанию на мелющиеся тела, снижая процесс измельчения. Такие мельницы должны работать по замкнутой схеме с сепараторами (табл. 22). При мокром способе производства для увеличения производительности барабанных мельниц в замкнутую схему помола включаются дуговые грохота (табл. 23).

Многокамерные мельницы (трубные) выбираются для технологических процессов, характеризующихся высокой производительностью. Они применяются как для мокрого, так и для сухого помола материалов по открытой и замкнутой схемам (табл. 21).

Примечание:

1. Мельница 4,2x10 м предназначена для помола сырья с одновременной его подсушкой при работе по замкнутому циклу с проходным сепаратором.
2. Мельница 3,2x8,6 м выпускается в двух вариантах:
 - 1) для мокрого помола мягкого сырья по открытому и замкнутому циклам;
 - 2) для помола сырьевых материалов с подсушкой в замкнутом цикле с проходным сепаратором при загрузке крупки на домол во вторую камеру через вторую опорную цапфу.
3. Мельница 3,2x15 м применяется для мокрого помола сырья и клинкера в открытом цикле: для помола клинкера по замкнутому циклу с центробежным сепаратором с промежуточным разгрузочно-загрузочным устройством после первой помольной камеры.
3. мельницы 4x13,5 м, 2,6x13 м и 2x10,5 применяются как для мокрого, так и для сухого способа помола.

Таблица 22

Техническая характеристика сепараторов.

Элементы характеристики	проходные				центробежные			
	2,5	2,85	3,42	3,6	2,8	3,5	4,0	6,8
Диаметр, м	2,5	2,85	3,42	3,6	2,8	3,5	4,0	6,8
Высота, м	4,18	4,65	5,35	3,8	5,0	5,3	5,8	8,18
Частота вращения, мин.	-	-	-	-	2,55	200	180	-
Производительность при 10 % остатке на сите N008					17	28	45	90
Пропускная способность	22500	30000	43500	84000	-	-	-	-
Потребляемая мощность, кВт	-	-	-	-	16	26	27	228
Масса, т	2,49	3,25	5,0	6,3	7,2	10,8	13,4	-

Выбор конкретной барабанной мельницы производится по данным приведенных таблиц, ориентируясь на расчетную производительность, после чего проводится ее поверочный расчет с учетом условий технологического процесса, а именно: вида измельчаемого материала, тонкости измельчения и принятой технологии измельчения (сухая или мокрая). По полученным результатам решается вопрос о количестве принимаемых мельниц.

Таблица 23

Техническая характеристика дуговых грохотов.

Элементы характеристики	СД-1	СД-2А	СДОЗ	299ГрА
Размеры решетки, мм				
ширина	1100	1170	1200	720
длина	865	1730	2500	1200
Центральный угол, гр.	90	180	180	30
Размер щели решетки, мм	0,5-3	0,5-2	0,5	0,01-1,0
Щель питающего патрубка (регулируемая), мм	10-30	0-30	90-140	-
Скорость пульпы на выходе из питающей щели, м/с	до 4	4,5-9	4,5-6	1-2
Производительность по питанию, м ³ /ч	до 200	300-400	450-500	20-60
Габаритные размеры, м				
длина	0,8	1,4	1,9	0,9
ширина	1,3	1,3	1,5	1,5
высота	2,8	2,6	2,6	1,35
Масса, кг	290	508	836	560

Производительность мельницы определяется по эмпирической формуле:

$$Q = 6,45 \cdot V \cdot \sqrt{D} \cdot (G / V)^{0,8} \cdot q \cdot K, \quad \text{т/ч}$$

где V – рабочий объем мельницы, м³;

D – диаметр барабана в свету, м;

G – масса мелющихся тел, т;

q – удельная производительность мельниц в зависимости от вида размалываемого материала и вида помола т/кВт ч. Принимается по таблице 24.

K – поправочный коэффициент на тонкость помола, применяем по таблице 25.

Таблица 24

Значение удельной производительности q , т/кВт·ч

Вид измельчаемого материала	Вид помола	
	мокрый q	сухой q
Клинкер вращающихся печей	-	0,03...0,04
Шлаки гранулированные	-	0,035...0,04
Мергель	0,07...0,09	0,06...0,07
Песок кварцевый	-	0,03
Сырьевая шихта: -известняк + глина	0,07...0,09	0,07...0,08
-мел + глина	0,15...0,25	-
-шлак + известняк	-	0,04...0,06
Известняк трудноразмалываемый	-	0,05
Трепел	-	0,05...0,06

Таблица 25

Значение коэффициента K .

Остаток на сите N008, %	2	3	4	5	6	7	10	12	15	20
K	0,60	0,65	0,71	0,77	0,82	0,86	1,00	1,10	1,20	1,42

Примечание:

При расчете производительности шаровой мельницы следует иметь в виду, что:

производительность мельницы повышается на 15-20 % при ее аспирации и работе в замкнутом цикле с сепараторами; на 40 % с дуговыми грохотами, на 10-15 % с гидроциклонами при мокром помолу.

Мощность привода шаровых мельниц определяется по формуле:

$$P = 0,39 \cdot G \cdot R \cdot \omega \cdot g / 1000 \cdot \eta, \text{ кВт},$$

где R – радиус барабана мельницы в свету, м;

ω – оптимальная угловая скорость вращения барабана,

$$\omega = 2,38 / \sqrt{R}, \text{ с}^{-1}$$

g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

η – коэффициент полезного действия привода, $\eta = 0,85...0,9$;

G – масса загрузки барабана мельницы (кг), равная сумме масс материала

$$G = G_{ш} + G_{м}$$

Техническая характеристика шахтных мельниц.

Элементы характеристики	Тип мельницы					
	ШМА 800x391	ШМА 1000x470	ШМА 1000x707	ШМА 1500x944	ШМА 1500x1230	ШМА 1500x1655
Диаметр ротора, м	0,8	1,0	1,0	1,3	1,5	1,5
Длина ротора, м	0,391	0,470	0,707	0,944		1,655
Частота вращения ротора, с ⁻¹	16	16	16	12,1	12,1	12,1
Количество бил						
по окружности	3	4	4	4	6	6
по длине	5	6	9	12	15	21
Крупность исходного материала, мм	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20
Производительность, т/ч (по углю) при остатке на сите N009-60%	2,75-3,4	4,15-5,1	6,25-7,7	10,8-13,2	15,6-19,5	22-27
Мощность электродвигателя, кВт	30	45	75	125	175	250
Габаритные размеры, м						
длина	0,91	1,12	1,12	1,42	1,62	1,624
ширина	1,505	1,675	1,915	2,324	2,63	3,408
высота	0,855	1,09	1,09	1,4	1,6	1,6
Масса без эл. двигателя, т	2,1	2,7	3,1	5,11	7,6	9,8

Масса материала G_m составляет около 14 % массы шаров. Следовательно, массу загрузки мельницы можно определить по зависимости:

$$G = 1,14 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L \cdot D \cdot \mu \cdot \gamma \cdot \varphi, \text{ м}^{3/4}$$

где L – длина помольной камеры мельницы, м;

γ – плотность материала мелющихся тел,

$$\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3;$$

μ – коэффициент пустотности загрузки,

$$\mu = 0,57;$$

φ – коэффициент заполнения барабана мелющимися телами,

$$\varphi = 0,3.$$

На предприятиях, изготавливающих строительный гипс на основе применения варочных котлов, в которые должно поступать тонко измельченное и высушенное гипсовое сырье. Применяются специальные молотковые (шахтные) мельницы (табл. 26). Их выбор производится по производительности и крупности исходного материала с последующей проверкой производительности по формуле:

где q – количество материала, выбрасываемого в шахту за каждый удар,

$$(q = 0,015 \dots 0,02 \text{ кг/удар});$$

n – частота вращения ротора, с^{-1} ;

Z – количество молотков на роторе;

$K_{\text{ц}}$ – кратность циркуляции материала ($K_{\text{ц}} = 4 \dots 5$).

Мощность, потребляемая приводом, можно определить по формуле:

$$P = (7 \dots 8) \cdot D \cdot L \cdot n, \text{ кВт},$$

где D – диаметр ротора, м;

L – длина ротора, м;

n – частота вращения ротора, с^{-1} .

5. Выбор и расчет оборудования для сушки и обжига сырьевых материалов

На современных заводах строительных материалов для сушки сырья применяются сушильные барабаны, вихревые сушилки, сушилки с кипящим слоем, дробилки-сушилки. Наиболее широко для сушки различных сыпучих материалов применяются прямоточные сушильные барабаны.

Более эффективными и экономичными сушилками для сушки гранулированного шлама являются вихревые сушилки и с русловым кипящим слоем, однако, они имеют более сложную конструкцию. Техническая характеристика сушильных установок приведена в таблице 27, 28.

Для сушки материалов с высокой влажностью (до 25 %) и пластичностью применяются дробилки-сушилки, характеристики которых приведены ранее в таблице 12.

Техническая характеристика сушилок вихревых и с кипящим слоем.

Элементы характеристики	Вихревая сушилка	Сушилка с условным кипящим слоем	
		0,85x4,3	0,9x4,6
Размер решетки, м	длина корпуса 6,6	0,85x4,3	0,9x4,6
Диаметр валов, м	0,7	-	-
Частота вращения валов, мин ⁻¹	255	-	-
Высушиваемый материал	шлак	шлак	шлак
Влажность, % начальная	25...30	20	12...15
конечная	2	2...3,5	2...2,5
Производительность	29,5	70	70
Тип питателя	Тарельчатый D = 1800 мм	Ленточный B=1400 мм	Пластинчатый B=1200 мм

Обжиг является основной технологической операцией в производстве вяжущих материалов. При производстве различных вяжущих веществ применяются различные обжиговые агрегаты, выбор которых производится в зависимости от принятой технологической схемы производства.

При производстве строительного гипса в зависимости от принятой технологии производства обжиг гипсового сырья может производиться в гипсоварочных котлах, шаровых мельницах, во вращающихся печах.

Гипсоварочные котлы (табл. 29) наиболее широко применяется для тепловой обработки тонкоизмельченного гипсового камня. Они имеют емкость от 2,5 до 15 м³ и представляют собой аппарат периодического действия.

Техническая характеристика сушильных барабанов.

Элементы характеристики	Размеры барабана, м																		
	2,2	2,2	2,2	3,5	2,2	2,4	2,5	2,6	2,6	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	5,6	2,8	3,2	
	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	
	15,6	15,6	18	27	20	16	20	15	20	14	15,3	19,5	16	20	27	45	20	30	
Высушиваемый материал	опока		глины		шлак										песок	известняк		трепел	
Влажность, %																			
начальная	28	30	22	20	20	20	21	12-16	10-12	8	10	10-12	10-15	20-30	12	17	20-30	32	
конечная	12	5	10	2	2	2	2	2,5	2-4	2	1-2	2-3	3-4	10-15	2	8	10-15	4	
Максимальная крупность кусков материала, мм	50	50	60	60	60	50	50	50	50	50	50	50	50	-	50	60	50	50	
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	3	3	3,3	2-6	5	3,2	5	5,05	3	5	3	3	4	8	2-6	1,25-	8	2,4	
Производительность, т/ч	7,5	12	6,2	39,9	22	20	25	16	25	60	40	30	20	21	70	208	21	30	
Мощность эл. двигателя, кВт	28	55	20	60	36	46	55	33	46	55	42	38	75	55	200	630	55	42	
Уклон, %	3,5	3,5	3,5	5	5	5	5	5	3,5	5	3,5	3,5	3,5	2,5	4	5	2,5	5	

Приведенные в таблице сушильные барабаны укомплектованы аспирационными установками, электрофильтрами, дымососами, характеристики которых приведены в табл. 23 [13].

Техническая характеристика варочных котлов.

Элементы характеристики	Емкость котлов, м ³		
	2,5	3,5	15
Производительность варки гипса, мин ⁻¹	80...90	80...90	80...90
Продолжительность загрузки котла гипсом, мин ⁻¹	15	15	15
Продолжительность выгрузки котла, мин ⁻¹	4	4	6
Общий цикл варки гипса, мин ⁻¹	99...109	99...109	101...111
Температура варки гипса, С°	150...170	150...170	150...170
Число оборотов мешалки, мин ⁻¹	18	18	18
Мощность электродвигателя, кВт	3	4,5	19
Максимальная температура в топке котла, С°	900...1000	900...1000	900...1000
Расход условного топлива на 1т гипса в кг	54	54	50...52

Для производства строительного гипса во вращающихся печах сырьевой материал дробится и сортируется на фракции 10...20 и 25...35 мм для отдельного обжига. В качестве вращающихся печей служат сушильные барабаны производительностью 5...15 т/ч, имеющих длину от 8 до 30 м и диаметр 1,0...3,0 м. Техническая характеристика сушильных барабанов приведена ранее (табл. 28).

Обожженный в сушильном барабане гипс подвергается тонкому измельчению в шаровой мельнице, работающей, как правило, по открытому циклу. Для помола чаще всего применяется одно и двухкамерные шаровые мельницы, характеристика которых приведена в таблице 20.

Для производства строительного гипса в установках с совмещенным помолом и обжигом сырья крупностью не более 10...15 мм применяются указанные шаровые мельницы, через которые из специального подтопка пропускаются горячие дымовые газы. В этом случае мельница работает в замкнутом цикле с проходным сепаратором, характеристика которого приведена в таблице 22.

При производстве извести выбор типа оборудования для обжига сырьевых материалов зависит от их механической прочности, влажности, химического состава и принятого способа производства извести – сухого или мокрого.

Сухой способ наиболее распространен. Он применяется для изготовления извести из известняков, доломитов и мела, имеющих карьерную влажность до 25 %. Для их обжига применяются печи шахтные, вращающиеся и кипящего слоя.

Шахтные печи применяются для обжига известняков прочных и средней прочности отдельно по фракциям: 40...80, 80...120, 120...180 мм. Их выбор

производится по расчетной производительности готового продукта, приведенной в таблице 30.

Таблица 30

Техническая характеристика шахтных печей.

Элементы характеристики	Производительность, т/сутки			
	50	100	200	450
Высота печи, м				
рабочая	18,2	17,0	19,0	24,0
строительная	27,2	30,0	34,6	45,0
Внутренний диаметр шахты, м	2,5	3,2	4,3	6,13
Полезный объем шахты, м ³	89	127	265	666
Съем с 1 м ³ полезного объема, т/м ³ в сутки	0,56	0,785	0,75	0,676
Расход условного топлива, кг/т	133	152,5	133	129
Удельный расход электро- энергии, кВт ч/т	16	15	13	10
Температура С°:				
отходящих газов	120	145	120	110
выгружаемой извести	80	80	80	80

Вращающиеся печи применяются для обжига извести по сухому и мокрому способам. Они бывают длинными и короткими.

При плотном карбонатном сырье, имеющем влажность до 8 %, применяется сухой способ с отдельным обжигом фракций сырья 5...20 и 20...40 мм в коротких печах, а при влажности до 25 % в длинных печах (табл. 31, 32).

При влажном мажущемся рыхлом меле с карьерной влажностью более 25 % применяется мокрый способ производства с обжигом сырья в виде шлама с влажностью 37...44 % в длинных вращающихся печах (табл. 32).

Техническая характеристика коротких вращающихся печей
с запечными теплообменниками.

Элементы характеристики	Размеры печи (DxL), м			
	4x70	3,6x70	3,6x75	2,7x52,6
Вид обжигаемого сырья	известняк			
Производительность, т/ч (по извести)	15	16	13,5	7,5
Частота вращения корпуса, мин ⁻¹	1,1	1,0	1,0	1,0
Содержание активных СаО+MgO в извести, %	85	90	90	80
Удельный расход сырья с учетом пылеуноса, кг/кг	2	2	2,08	2,17
Вид топлива	мазут	природный газ		мазут
Тип теплообменника	конвейерная решетка 3,9x25	шахтный	два котла-утилизатора КУ-80-3	конвейерная решетка 3,0x10,5
Температура подогрева сырья в теплообменнике, С°	700	600	-	400
Температура газов на выходе из теплообменника, С°	370	300	200	210
Тип холодильника	однобарабанный	шахтный	колосниковый «Волга»	однобарабанный 1,8x20,7
Температура извести на выходе из холодильника С°	100	70	40	240

Производительность вращающихся печей как транспортирующих устройств может определяться по формуле:

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot R_{cp}^2 \cdot \varphi \cdot V \cdot \gamma, \text{ т/ч}$$

где R_{cp} – средний радиус печи в свету, м;
 φ – степень заполнения сечения барабана материалом, ($\varphi = 0,08 \dots 0,1$);
 V – скорость движения материала в печи, м/мин: $V = 2 \cdot \pi \cdot R_{cp} \cdot i \cdot n$, м/мин;
 i – уклон печи, ($i = 0,035 \dots 0,04$);
 n – частота вращения печи, мин⁻¹;
 γ – насыпная плотность материала, т/м³.

Техническая характеристика длинных вращающихся печей для обжига извести.

Элементы характеристики	Мокрый способ			Сухой способ		
	4,5x170 м	3,6x110 м	2,5x76 м	4x150 м	3,8x81 м	2,7x65,6 м
Вид обжигаемого сырья	Меловой шлам			мел	мел	мел
Влажность сырья, %	37	40	45	10	24...30	22...26
Размер кусков, мм	-	-	-	5...20 20...40	5...20 20...40	5...20 20...40
Производительность, т/ч	31,8	13,5	5,9	24	11,5	4,9
Частота вращения корпуса, мин ⁻¹	0,7...1,4	0,25...1,17	0,5...1,2	0,57...1,14	0,65...1,34	0,5...1,17
Удельный расход сухого сырья с учетом пылеуноса, кг/кг	1,86	1,8	1,74	1,92	1,96	1,95
Пылеунос, %	8	5	8	10	15	12
Вид топлива	природный газ			мазут	природный газ	
Содержание в извести активных СаО+MgO, %	90	80	70	90	85	80
Температура извести на выходе из холодильника, °С	50	150	120	150	120	150
Тип холодильника	Колосниковый «Волга 350»	Однobarанный 2,5x38 м	Рекуперативный 12 барабанов 0,8x4,4 м	Однobarанный 3,6x56 м	Рекуперативный	
					10 барабанов 1,35x6 м	12 барабанов 0,88x4,7 м

Мощность электродвигателя вращающейся печи определяется по формуле:

$$P = 1,25/\eta \cdot (0,28 \cdot R_{cb} \cdot L \cdot n + 8,4 \cdot f \cdot r_{ц} \cdot G_{п}) \cdot 0,736 \quad \text{кВт}$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий перегрузку припуске;

η – коэффициент полезного действия механизма привода, равный 0,9;

R_{cb} – радиус барабана в свету, м; L – длина печи, м; n – частота вращения печи, мин^{-1} ; f – коэффициент трения скольжения цапф опорных роликов по вкладышам, равный $f = 0,02 \dots 0,04$; $r_{ц}$ – радиус цапф роликов, м; G – общая масса вращения печи, т.

Печи кипящего слоя выбираются, если материалом получения извести является мелкораздробленное фракционированное известковое сырье с фракциями 3...12 и 12...25 мм и имеющие влажность 2...4 %. Выбор необходимой печи кипящего слоя производится по производительности (табл. 33).

Таблица 33

Техническая характеристика печей кипящего слоя.

Элементы характеристики	Производительность, т/сутки			
	200	400	1000	
1	2	3	4	
Рабочие размеры шахты в зоне обжига, м:				
диаметр (в свету)	2,75	3,93	4,554	
высота	4,0	11,3	7,7	
Полезный объем печи, м^3	62	242	2,85	
Удельный объем извести: в сутки, $\text{т}/\text{м}^3$	24,2	33,3	83	
	$\text{т}/\text{м}^3$	3,23	1,65	3,5
Содержание активных $\text{CaO}+\text{MgO}$ в извести, %	88	85	90	
Вид сырья	известняк	доломит	известняк	
Размеры кусков, мм	3...12	2,5...10	12...25	
Влажность сырья, %	2,0	4,0	2,0	
Удельный расход сырья с учетом пылеуноса, $\text{кг}/\text{кг}$	2,1	2,04	2,0	
Температура, $^{\circ}\text{C}$:	отходящих газов	470	400	450
	выгружаемой извести	80	120	102

Решая вопрос о выборе печей для обжига извести, следует учитывать интенсивное пылевыведение, что требует обязательного укомплектования обжиговых узлов пылеулавливающим оборудованием.

Пылевыведение составляет: от шахтных печей 52 г/с; от вращающихся при мокром способе производства 222...895 г/с; от вращающихся при сухом способе производства 555...1000 г/с; при использовании мела 835...1390 г/с и от печей кипящего слоя 7777 г/с.

На заводах по производству вяжущих материалов для эффективной очистки отходящих газов и воздуха от пыли, как правило, применяется двухступенчатая система обеспыливания.

В качестве первой ступени очистки используют циклоны, а второй – рукавные и электрические фильтры. При выборе наиболее приемлемых пылеулавливателей для основных производственных процессов следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в табл. 34, 35.

Пылеулавливатели, рекомендуемые для производственных процессов предприятий по производству извести.

Производственный процесс	Условия применения средств пылеулавливания	Наиболее применяемые пылеулавливатели для ступеней очистки	
		первой	второй
Крупное дробление плотного карбонатного сырья	<u>СУХОЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА</u> Карбонатное сырье (известняк-ракушечник, доломит, твердый мел и др.) влажность 6...10 %	Высокоэффективные циклоны СЦН-40	-
Среднее дробление	то же	то же	Рукавный фильтр ФРКИ или ОМЦ-166В
	Влажность сырья менее 5 %	циклон ЦН-16	то же
Мелкое дробление (обычно при печах кипящего слоя)	то же	то же	то же
Измельчение мела в валковых дробилках	<u>МОКРЫЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА</u> Карьерная влажность мела 25 % и выше	Пылевыделения нет	Пылевыделения нет
Размучивание мела в болтушках, мельницах «Гидрофол», роторных мельницах-мешалках	Влажность шлама 35...40 %	Пылевыделения нет	Пылевыделения нет
Корректирование шлама в бассейнах	Влажность шлама 37...44 %	Пылевыделения нет	Пылевыделения нет
Обжиг карбонатного сырья в печах: <u>шахтных</u>	<u>ПЕЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ</u>		
	1) Нерастрескивающееся карбонатное сырье, сортовое твердое топливо, газ или мазут 2) Растрескивающееся карбонатное сырье, высокозольное твердое топливо	Циклон СЦН-40 Др. Вихревой пылеулавливатель	- -

<u>вращающихся</u> сухого способа производства	За короткими печами устанавливаются шахтные подогреватели сырья и котлы-утилизатор, за длинными печами - котлы-утилизаторы	Циклон ЦН-15	Горизонтальные многопольные электрофильтры, снабженные импульсным агрегатом питания
Кипящего слоя	За печами устанавливаются котлы-утилизаторы	то же	то же
Вращающиеся печи мокрого способа производства	-	Горизонтальные многопольные электрофильтры	-
	<u>ПРОЧИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ</u>		
Выгрузка извести (применяется при шахтных печах)	-	Рукавные фильтры СМЦ-166Б лил ФРКИ; ФВК	-
Перегрузка извести	-	то же	-
Дробление извести (применяются при шахтных печах)	-	Циклон ЦН-15	Рукавные фильтры СМЦ-166В, ФРКИ, ФВК
Помол извести	Предварительное осаждение основного количества пылевидной фракции молотой извести осуществляется в шахтной пылеосадительной камере	то же	то же
Разгрузка извести в бункера-силосы и погрузка ее в транспортные средства	Механическая (конвейерная и др.) комовой извести	Рукавные фильтры СМЦ-166В, ФРКИ, ФВК	-
	Пневмотранспортом молотой извести	Циклон ЦН-15	Рукавные фильтры СМЦ-166В, ФРКИ, ФВК
Упаковка извести	-	то же	то же

Техническая характеристика циклонов и фильтров приводится в [4].

Типы улавливателей и область их применения.

Пылеулавливатели	Степень пылеулавливания	Область применения
Пылеосадительные камеры	3...15	Вращающиеся печи мокрого способа производства, сушильные барабаны, мельницы сухого помола
Циклоны	80...95	Вращающиеся печи сухого способа производства, сушильные барабаны, мельницы сухого помола. Колосниковые холодильники, дробилки, конвейеры
Рукавные фильтры: с рукавами из натуральных и синтетических волокон	97...99,9	Вращающиеся печи, мельницы, колосниковые холодильники.
с рукавами из стекловолокна	97...99,9	Вращающиеся и шахтные печи, коррекционные бассейны, сушильные барабаны.
Электрофильтры	85...99	Вращающиеся и шахтные печи, мельницы сухого помола, сушильные барабаны.

6. Выбор и расчет машин для непрерывного транспортирования материалов

Машины непрерывного транспортирования весьма разнообразны как по конструкции, так и по принципу действия. Для достижения полной комплексной механизации технологического процесса изготовления изделий необходимо выбрать наиболее надежные и экономичные машины, характеристика которых удовлетворяла бы работу соответствующего технологического оборудования. Выбранная транспортирующая машина должна удовлетворять всем требованиям техники безопасности, гигиены труда и экологии.

К основным техническим факторам, обуславливающим выбор машин, относятся: характеристика транспортируемого груза; необходимая производительность; трасса перемещения груза и ее длина (табл. 36, 37).

Рекомендации по выбору транспортирующих машин.

ВИД МАШИНЫ	Оценка машин по характерным факторам														
	Производительность машины, м ³ /ч				Свойства транспортируемых грузов							Оптимальная длина (высота)транспортирования без перегрузки, м			
					Липкие влажные	Горячие при t°			Пылевидные газизирующие	Высокоабразивные					
	до 50	до 100	до 500	> 500		до 60°	до 150°	> 500°			до 50	до 100	до 500	до 1000	
Ленточные конвейеры с прорезиненной лентой	+	+	+	+	х	+	-	-	х	+	+	+	+	+	
Пластинчатые конвейеры с металлическим настилом	+	+	+	+	х	+	+	+	х	х	+	+	+	+	
Конвейеры с погруженными скребками	+	+	-	-	-	+	+	+	+	х	+	-	-	-	
Скребоквые конвейеры общего назначения	+	+	-	-	х	+	+	+	х	х	+	+	-	-	
Ковшевые конвейеры	+	+	х	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
Инерционные конвейеры	+	+	-	-	-	+	+	+	+	х	+	-	-	-	
Вибрационные конвейеры	+	+	х	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
Винтовые конвейеры	+	-	-	-	-	+	+	+	+	х	+	-	-	-	
Элеваторы ковшевые:															
ленточные	+	х	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	
цепные	+	х	-	-	-	+	+	+	+	х	+	-	-	-	
Пневмотранспорт	+	+	-	-	-	+	+	-	+	х	+	+	+	х	
Молочные конвейеры	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
Подвесные конвейеры	+	+	-	-		+	+	+			+	+	+	+	
Тележные конвейеры	+	-	-	-		+	+	+			+	+	х	-	

Условные обозначения: «+» - наиболее подходящая машина; «-» - машину применять нельзя; «х» - возможно применение машины, но работа ее малоэффективна.

Характеристика транспортируемого материала.

Транспортируемый материал	Объемная плотность материала, кг/м ³	Угол естественного откоса φ_0		Основные свойства
		в покое	в движении	
Гравий	1500-1900	45	30	абразивен
Щебень	1500-1800	45	35	абразивен
Песок	1500-1700	45	30	абразивен
Шлак гранулир.	650-1000	50	35	абразивен
Гипс формовочный	650-850	30	-	слабоабразивен
Гипс-камень	1400-1600	40	-	абразивен
Известь комовая	1000-1100	40	-	абразивен
Известняк-камень	1200-1600	35	30	абразивен
Мел-куски	1400-1650	40	-	слабоабразивен
Мел молотый	950-1200	33	-	слабоабразивен
Клинкер	1500-1600	33	-	абразивен
Глина мокрая	1900-2000	20-25	45	липкая
Глина сухая мелкокусковая	700-1500	50	40	абразивен
Зола влажная	450-900	55	45	абразивен
Мергель	1250-2200	45	30	абразивен
Мрамор (крошка)	1500-1700	-	-	абразивен
Трепел комовый	500-800	-	-	
Туф	900-1300	-	-	
Уголь каменный	800-850	45	30	
Уголь молотый	500-560	-	-	
Цемент	1000-1800	-	-	абразивен

Ленточные конвейеры наиболее широко применяются для непрерывного транспортирования как насыпных, так и штучных материалов, они, как правило, стационарны. Основным элементом конвейера является транспортная лента, ширина которой определяется по расчетной производительности данного участка технологического процесса.

Для сыпучих материалов применяются желобчатые ленты. Ширина желобчатой ленты определяется по формуле:

$$B = 1000 \cdot \sqrt{F} / (0,14 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + 0,039), \text{ мм},$$

где φ_1 – угол насыпки материала на ленте, зависящий от угла естественного откоса φ_0 , т.е. $\varphi_1 = 0,35 \varphi_0$ (табл.37);

F – площадь поперечного сечения материала на ленте, м². определяется по зависимости:

$$F = Q / 3600 \cdot V \cdot C, \text{ м}^2$$

где Q – расчетная производительность, м³/ч;

V – скорость движения ленты (м/с), зависящая от вида транспортируемого материала и ширины ленты (табл. 38);

C – коэффициент, принимаемый по табл. 40 в зависимости от угла наклона конвейера, величина которого зависит от вида транспортируемого материала (табл. 39).

Таблица 38

Значение скорости ленты V , м/с.

Материал	Ширина ленты, м							
	400	500	650	800	1000	1200	1600	2000
Песок	1,0-1,6	1,25-1,75	1,25-2,0	1,6-2,5	1,6-2,5	1,6-2,5	2,5	2,5
Гравий Уголь	1,5	1,75	2,0	2,25	3	3	3	3
Щебень Клинкер Шлак	1,25	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Крупно- кусовой камень	-	-	1,75	2	2	2	2	2

Таблица 39

Значение углов наклона ленточных конвейеров.

Материал	α°	Материал	α°
Песок сухой	15	Шлак	23
Песок влажный	27	Керамзит	15
Глина сухая	18	Клинкер	20
Щебень	20-23	Гравий	15-20

Таблица 40

Значение коэффициента C .

Угол наклона конвейера, град.	10	11-15	16-18	18
Значение C	1,0	0,95	0,90	0,85

По полученному результату расчета принимается стандартная ширина ленты из ряда: 400, 500, 650, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000 мм. При этом должно соблюдаться соотношение:

$$B > 3,3 \cdot d_{\max} + 200 \text{ мм,}$$

где d_{\max} – максимальный размер кусков транспортируемого материала, мм.

Диаметр головного и хвостового барабана конвейера определяется в зависимости от количества прокладок в ленте по соотношениям:

приводной барабан $D_{пр} = (125 + 150) \cdot i$, мм

хвостовой барабан $D_{хв} = (75 + 100) \cdot i$, мм

где i – количество прокладок (табл. 41).

Таблица 41

Количество прокладок в ленте.

Ширина ленты	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	2000
Число прокладок	3-5	3-6	3-7	3-8	4-10	5-12	6-12	6-10	8-14

По расчетному значению принимается стандартное значение диаметров барабана из ряда: 320, 400, 500, 630, 1000, 1250, 1600 мм.

Длина барабанов: $L_b = B + (100 - 150)$, мм

где B – стандартная ширина ленты, мм.

Мощность привода ленточного конвейера определяется по формуле:

$$P = G_m \cdot V / 102 \cdot \eta \cdot (\sin\alpha + \omega \cos\alpha + 2 \cdot k \cdot \omega \cos\alpha), \text{ кВт}$$

где G_m – масса материала на ленте, кг;

V – скорость движения ленты, м/с;

α – угол наклона конвейера, град.;

k – коэффициент пропорциональности (табл. 42);

ω – коэффициент сопротивления (табл. 43).

Масса материала на ленте:

$$G_m = F \cdot L \cdot \gamma, \text{ кг}$$

где F – площадь материала на ленте, м²;

L – длина конвейера по осям, м;

γ – объемная плотность, кг/м³.

Таблица 42

Значение коэффициента пропорциональности k .

Ширина ленты	Коэффициент k при объемной плотности кг/м ³ и формы ленты					
	1000		1250		1500	
	плоск.	желоб.	плоск.	желоб.	плоск.	желоб.
500	0,42	0,23	0,33	0,18	0,28	0,18
650	0,35	0,18	0,28	0,15	0,23	0,13
800	0,31	0,16	0,26	0,13	0,20	0,11
1000	0,29	0,15	0,23	0,12	0,19	0,10

Значение коэффициента сопротивления ω .

Длина конвейера, м	ω	Длина конвейера, м	ω
10	0,30	60	0,15
20	0,25	70	0,13
30	0,22	80	0,12
40	0,19	90	0,11
50	0,17	100	0,10

Для конвейеров, имеющих сбрасывающее устройство, необходимо определить увеличение мощности.

При наличии сбрасывающей тележки:

$$\Delta N (0,25 \cdot N + 0,007 \cdot Q + 0,5) / 1,36 \text{ кВт}$$

при наличии плужкового сбрасывателя:

$$\Delta N = 0,01 \cdot Q / 1,36 \text{ кВт}$$

где Q = производительность конвейера, т/ч.

Определив основные параметры ленточного конвейера, выбирается асинхронный электродвигатель серии 4А [12], цилиндрический редуктор общего назначения [12].

Если технологическим процессом предусматривается размещение ленточных конвейеров в закрытых галереях, их размеры в поперечном сечении можно принимать по табл.44, в зависимости от ширины ленты, наличия барабанного разгрузателя и количества конвейеров.

Таблица 44

Размеры галерей для одного конвейера без барабанного разгрузателя.

Ширина ленты, мм	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	2000
Ширина галереи в свету, мм	2300	2300	2800	2800	2800	3300	3300	3800	3800
Высота галереи в свету, мм	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ширина рамы конвейера, мм	660	760	910	1150	1350	1610	1810	2010	2450
Ширина монтажного прохода, мм	1070	1120	1195	1075	975	1095	995	1145	925

Пластинчатые конвейеры принимаются для транспортирования крупнокусковых, остроугольных и абразивных материалов, а также материалов, имеющих повышенную температуру после их сушки или обжига. Они могут устанавливаться горизонтально или наклонно под углом 35°.

Выбор конвейера производится по расчетной производительности (табл. 45) с последующим поверочным расчетом по формуле:

$$Q = 3600 \cdot V \cdot W \cdot \gamma, \text{ т/ч}$$

где V – скорость движения полотна, м/с;

W – расчетная вместимость 1-го погонного полотна, м³;

γ – насыпная плотность материала, т/м³.

Таблица 45

Техническая характеристика пластинчатых конвейеров.

Элементы характеристики	Ширина ленты, мм							
	400	500	600	700	800	900	1000	1100
Скорость ленты, м/с	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175
Производительность, м ³ /ч	18,90	23,63	28,35	33,17	37,80	42,52	48,83	51,98
Расчетная вместимость полотна длиной 1м, м ³ /м (W)	0,03	0,038	0,045	0,053	0,06	0,068	0,075	0,083
Наибольший размер кусков материала, мм	100	150	225	250	300	350	400	500
Высота бортов, мм	150	150	300	400	400	400	400	400

Винтовые конвейеры предназначены для транспортирования мелких и средних кусковых насыпных материалов на сравнительно небольшое расстояние.

Выбор и расчет этих конвейеров производится в следующей последовательности:

ориентируясь на расчетное значение производительности и вид транспортируемого материала (табл. 37), определяется значение диаметра винта, которое округляется до стандартного значения по ряду: 100, 120, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600.

$$D = \sqrt{Q} / (\pi \cdot \gamma \cdot \varphi \cdot S \cdot C \cdot n), \text{ м}$$

где Q – расчетное значение производительности, м³;

φ – коэффициент заполнения сечений желоба, (табл. 46);

C – коэффициент уменьшения сечения груза на наклонном конвейере, принимается в зависимости от угла наклона β .

β	0°	5°	10°	15°	20°
C	1	0,9	0,8	0,7	0,6

S – шаг винта, м. Для горизонтального конвейера $S = D$, тогда диаметр винта:

$$D \approx 0,28 \cdot \sqrt{Q} / (\gamma \cdot C \cdot n \cdot \varphi), \text{ м}$$

Для наклонных конвейеров, а также для горизонтальных конвейеров, транспортирующих материалы с малой подвижностью частиц (влажный песок), $S = 0,8 D$.

n – частота вращения винта, мин^{-1} зависит от вида транспортируемого материала и принимается по таблице 46. максимальное значение частоты вращения винта:

$$n_{\max} = A / \sqrt{D}, \text{ мин}^{-1}$$

где A – эмпирический коэффициент (табл. 46).

Принятое число оборотов должно быть округлено до стандартного значения ряда чисел оборотов: 9,5 ; 11,8; 15,19; 23,6; 30, 37,5; 47,5; 60, 75, 95, 118, 150 мин^{-1} .

Допускается отклонение частоты вращения до $\pm 7,5 \%$.

Таблица 46

Значение φ , A , ω , n для различных насыпных материалов.

Характеристика материалов	Вид насыпного материала	Значение			
		φ	A	ω	n
Легкие и неабразивные	Зерновые, мука, графит, древесные опилки	0,4	65	1,2	190-100
Легкие и малоабразивные	Гипс, мел, угольная пыль, асбест, торф, сода	0,32	50	1,6	150-60
Тяжелые и малоабразивные	Поваренная соль, кусковой уголь, глина (сухая)	0,25	45	2,5	100-50
Тяжелые и абразивные	Цемент, зола, песок, глина (сырая), дробленая руда, шлак	0,125	30	4,0	70-30

Мощность винтового конвейера определяется по формуле:

$$P = Q \cdot L / (365 \cdot \eta) \cdot (\omega + \sin\alpha), \text{ кВт}$$

где Q – производительность, т/ч;

L – длина конвейера по осям загрузочного и разгрузочного патрубка, м;

ω – коэффициент сопротивления, (табл. 46).

Определив основные характеристики винтового конвейера, выбирается электродвигатель и редуктор привода, характеристика которых приводится в [12].

Ковшовые элеваторы применяются для вертикального транспортирования сыпучих пылевидных, мелко- и среднекусовых грузов. Возможна также транспортировка под углом наклона элеватора к горизонту под углом 60-75°.

Выбор типа элеватора производится в зависимости от вида транспортируемого материала (табл. 47).

Рекомендуемые типы элеваторов в зависимости
от транспортируемого материала.

Транспортируемый материал	Тип элеваторов	Тип ковшей	Скорость движения, м/с		Коэф. заполнения ковшей
			ленты	цепи	
Цемент, гипс, порошковая известь, сухой мел	Быстроходный с центробежной самотечной разгрузкой	Глубокие	1,25-1,80	–	0,75
Песок, зола (сухие)	–	–	1,60-1,80	–	0,7-0,8
Гравий (крупностью до 60 мм)	Тихоходный с самотечно направленной разгрузкой	С бортовыми направляющими	0,8-1,0	0,8-1,0	0,7-0,85
Щебень, шлаки (крупностью до 60 мм)	–	–	–	0,5-0,8	0,6-0,8
Песок, порошковый мел (влажные)	Быстроходный с центробежной самотечной разгрузкой	Мелкие	1,25-1,80	1,25-1,60	0,4-0,6

Ориентируясь на расчетное значение производительности технологической линии, выбирается типоразмер элеватора и его основные параметры (табл. 48) с последующей проверкой производительности по формуле:

$$Q = 3,6 \cdot V / a \cdot q_k \cdot k_n, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

где V – скорость движения ковша, м/с;
 a – расстояние между ковшами, м;
 q_k – вместимость ковша, л;
 k_n – коэффициент заполнения ковшей.

Если фактическая производительность будет значительно больше заданной, то скорость движения ковшей может быть принята меньшей, но не менее наименьшего рекомендуемого значения для данного типоразмера элеватора.

Типоразмеры и основные параметры элеваторов.

Типоразмеры	Способ разгрузки	Расположение ковшей	Тип ковшей	Ширина ковша, мм	Емкость ковшей, л	Шаг ковшей, мм	Скорость движения, м/с	Производительность, м ³ /ч	Ширина ленты, мм	Длина приводного барабана, мм	Шаг цепи, мм
ЛЕНТОЧНЫЕ ЭЛЕВАТОРЫ											
ЭГЛ-135	Центробежные-самоточные	С составленными ковшами	Глубокие с цилиндрическим днищем	135	0,75	300	1,0-1,6	3-5	150	165	
ЭГЛ-160				160	1,1	300		8-13	200	250	
ЭГЛ-200				200	2,0	300		14-23	250	300	
ЭГЛ-250				250	3,2	400		17-28	300	350	
ЭГЛ-350				350	7,8	500		30-34	400	450	
ЭГЛ-450				450	14,5	600		52-84	500	550	
ЭЛМ-160			Мелкие с цилиндрическим днищем	160	0,65	160	0,4-0,63	3-5	200	250	
ЭЛМ-200				200	1,1	200		5-8	250	300	
ЭЛМ-250				250	2,6	250		9-15	300	350	
ЭЛМ-350				350	7,0	320		20-32	400	450	
ЭЛМ-450				450	15,0	400		36-58	500	550	
ЭЛО-160	Самотечный	С сомкнутыми ковшами	Остроугольные с бортовыми направляющими	160	1,5	160	0,4-0,63	5-8	200	250	
ЭЛО-250				250	3,6	200		9-14	300	350	
ЭЛО-350				350	7,8	250		15-22	400	450	
ЭЛО-450				450	16,3	320		26-40	500	550	
ЭЛО-600				600	34,4	400		43-67	650	700	
ЦЕПНЫЕ ЭЛЕВАТОРЫ											
Одноцепные	Центробежно-самотечные	С составленными ковшами	Глубокие с цилиндрическим днищем				0,8-1,25				
ЭЦГ-160				160	1,1	300		6-10		100	
ЭЦГ-200				200	2,0	300		12-18		100	
ЭЦГ-250				250	3,2	400		22-34		100-125	
ЭЦГ-350				350	7,8	500		38-60		125-250	

Продолжение таблицы 48

ЭЦМ-160			Мелкие с цилиндрическим днищем	160	0,65	300	0,8-1,25	5-7			100	
ЭЦМ-200				200	1,1	300		6-10			100	
ЭЦМ-250				250	2,6	400		12-18			100-125	
ЭЦМ-350				350	7,0	500		23-36			125-250	
ЭЦО-160	Самотечный	С сомкнутыми ковшами	Остроугольные с бортовыми направляющими	160	1,5	160		7-10			100	
ЭЦО-250				250	3,6	200		12-20			200	
ЭЦО-350				350	7,8	250		15-24			250	
Двухцепные								0,32-0,5				
Э2ЦО-450				450	16,0	320	25-38				160-320	
Э2ЦО-450				600	34,0	400	39-61				200-400	
Э2ЦО-450				750	67,0	500	62-96				250-500	
Э2ЦО-450				900	130,0	630	100-160				630	

Мощность электродвигателя определяется по формуле:

$$P = Q \cdot H / 367 \cdot \eta (1,15 + R/\gamma), \quad \text{кВт}$$

где Q – производительность элеватора, т/ч;

H – высота подъема материала, м;

R – коэффициент вредных сопротивлений, принимаемый по табл. 49.

γ – объемная плотность материала, т/м³.

Таблица 49

Значение коэффициента R .

Тип элеватора	Коэффициент R при производительности, м ³ /ч			
	до 20	20-40	40-80	80-150
ленточный	1,5	1,15	0,95	0,75

Определив основные параметры элеватора, выбирается электродвигатель и редуктор привода, характеристики которых приводятся в [12].

Пневмотранспортные желоба предназначены для транспортировки порошкообразных материалов. Надежная работа аэрожелоба обеспечивается при его уклоне не менее 3-4 %. Техническая характеристика желобов дана в табл. 50.

Производительность пневможелоба определяется по формуле:

$$Q = 3240 \cdot F \cdot V \cdot \gamma, \quad \text{м}^3/\text{ч};$$

где F – площадь сечения слоя материала, м²;

V – скорость движения слоя материала, м/с. Определяется по формуле:

$$V = K_1 \cdot \sqrt{R} \cdot i$$

где i – уклон желоба ($i = 0,02 \dots 0,05$);

K_1 – коэффициент ($K_1 = 21,1 \dots 26,5$);

R – гидравлический радиус, м, определяемый по формуле:

$$R = B \cdot h_1 / (2 \cdot h_1 + B), \quad \text{м}$$

где B – ширина желоба, м;

h_1 – высота слоя материала в желобе, м;

γ – насыпная плотность аэрированного материала, т/м³.

Таблица 50

Техническая характеристика пневможелобов.

Ширина желоба, мм	Высота слоя материала в желобе, мм	Длина желоба, м	Производительность желоба, м ³ /ч	Количество вентиляторов
125	50	до 150	20	1
250	50	до 150	40	1
400	60	до 80	30	1
400	60	свыше 80	80	2
500	60	до 60	120	1
500	60	свыше 60	120	2

Пневматический транспортер широко применяется для транспортирования сыпучих материалов на различных участках технологического процесса изготовления строительных материалов (помольные установки, склады материалов и др.).

Расчет параметров пневмотранспортной установки необходимо производить на основании расчетной производительности и размещения объектов технологического процесса на генеральном плане предприятия, определяющем расстояние транспортировки материала.

Расчетом предусматривается определение следующих параметров пневмоустановки:

- 1) приведенной длины транспортного трубопровода;
- 2) концентрации смеси материала и воздуха;
- 3) рабочей скорости движения воздуха;
- 4) расход воздуха для транспортирования сыпучего материала;
- 5) внутреннего диаметра транспортного трубопровода.

Приведенная длина трубопровода рассчитывается по зависимости:

$$L_{пр} = \Sigma L_{г} + \Sigma L_{в} + \Sigma L_{эк} + \Sigma L_{эп} , м$$

где $\Sigma L_{г}$ – сумма длин горизонтальных участков, м;

$\Sigma L_{в}$ – сумма длин вертикальных участков, м;

$\Sigma L_{эк}$ – сумма длин, эквивалентным количеством колен под углом 90° в метрах, принимается по табл. 51;

$\Sigma L_{эп}$ – сумма длин, эквивалентным переключателям. Для одного двухходного переключателя $\Sigma L_{эп} = 8$ м.

Таблица 51

Значение $L_{эк}$.

Вид транспортируемого материала	Эквивалентная длина при отношении радиуса колена к диаметру трубопровода			
	4	6	10	20
Пылевидный	4-8	5-10	6-10	8-10
Зерновой однородный	–	8-10	12-16	16-20
Среднекусовой	–	–	28-35	38-45
Крупнокусовой	–	–	60-80	70-90

Меньшее значение эквивалентных длин принимают для материалов менее абразивных и при меньших скоростях потока.

Таблица 52

Массовые концентрации смеси и рабочие скорости потока.

Транспортируемый материал	Массовая концентрация смеси	Рабочая скорость потока, м/с
Цемент	20-100	18-25
Угольная пыль	20-100	9-25
Щебень, песок	3-20	30-70

Определение расхода G_B производится по расчетной производительности установки и весовой концентрации аэросмеси:

$$G_B = Q / (3,6 \cdot \gamma_B \cdot \mu), \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

где Q – расчетная производительность установки, т/ч;
 γ_B – плотность воздуха при нормальном атмосферном давлении,

$$\gamma_B = 1,2 \quad \text{кг/м}^3$$

μ – массовая концентрация смеси.

Оптимальная концентрация принимается на основе экспериментальных данных. Так, при транспортировании цемента пневмовинтовыми насосами на расстояние 100...600 м принимается концентрация $\mu = 45...16$ кг цемента на 1 кг воздуха, при транспортировании камерными насосами $\mu = 60...25$ кг цемента на 1 кг воздуха. С увеличением расстояния концентрация смеси принимается меньшей. Примерные значения весовой концентрации смеси и рабочих скоростей потока приведены в табл. 52.

Рабочая скорость потока V_p определяется по формуле:

$$V_p = \alpha \cdot \sqrt{\gamma_m} + K \cdot L_{пр}, \quad \text{м/с}$$

где α – коэффициент, учитывающий влияние крупности частиц. Для цемента и других пылевидных материалов $\alpha = 10-16$, для щебня и гравия крупностью до 10 мм $\alpha = 17-20$, от 10 до 20 мм $\alpha = 17-22$, от 40 до 80 мм $\alpha = 22-25$.

γ_m – объемная масса материала, т/м³;

K – коэффициент, равный $(2-5) \cdot 10^{-5}$ для пылевидных материалов принимается меньшее значение.

Зная расход воздуха и рабочую скорость потока смеси, определяется внутренний диаметр трубопровода по формуле:

$$D = 1000 \cdot \sqrt{4 \cdot G_B / (\pi \cdot V)_p}, \quad \text{мм}$$

По полученному расчетному значению принимается стальная бесшовная труба по табл. 53.

Таблица 53

Трубы стальные бесшовные.

Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм	Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм
89, 95, 102	3,3	203, 219	6,0
108, 114, 121, 127, 133	4,0	245, 273	6,5
140, 146, 152, 159	4,5	299, 325	7,5
168, 180, 194	5,0	351	8,0

Выполнив расчет основных параметров установки для пневмотранспорта вяжущего вещества по табл. 54 производится выбор пневмовинтового насоса, ориентируясь на требуемую производительность и дальность транспортировки материала.

Таблица 54

Техническая характеристика пневмовинтовых насосов.

Показатели	НПВ-36-2	НПВ-36-4	НПВ-63-2	НПВ-63-4	НПВ-110-2
Производительность, т/ч	36	36	63	63	110
Приведенная дальность подачи, м	230	430	230	430	230
в том числе по вертикали	30	30	30	30	30
Рабочее давление в смесительной камере, кПа	2	3	2	3	2
Диаметр транспортного цементопровода, мм	140	175	175	175	250
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	18	25	22	41	38
Установленная мощность привода, кВт	30	75	55	132	110
Масса, кг	980	2700	2500	3150	2900

7. Выбор и расчет оборудования для дозирования материалов

Правильный выбор дозирующего оборудования обеспечивает оптимальный режим работы технологического оборудования (сушилок, печей, мельниц, смесителей и др.).

На заводах вяжущих материалов подача и дозирование производится по объему и по массе.

Для объемного дозирования применяются пластинчатые, ленточные, тарельчатые, шнековые, лопастные и другие типы питателей.

Пластинчатые питатели предназначены для подачи крупнокусковых материалов размером от 200 до 1200 мм из бункеров в дробильные машины. Они изготавливаются с шириной полотна 800-2000 мм, длиной до 26 м и могут устанавливаться с наклоном до 25°. Производительность пластинчатых питателей 90-1500 м³/ч (табл. 10).

Ленточные питатели предназначены для равномерной подачи сыпучего материала из бункера в машины или на транспортную ленту конвейера (табл. 55).

Производительность ленточных питателей определяется по формуле:

$$Q = 3600 \cdot b \cdot h \cdot V \cdot f \cdot \gamma, \text{ т/ч}$$

где b – расстояние между бортами, м;
 h – высота бортов, м, обычно $h = (0,4 \dots 0,5)B$, где B – ширина ленты, м;
 f – коэффициент наполнения желоба, $f = 0,7 \dots 0,8$;
 γ – насыпная плотность, т/м^3 .

Таблица 55

Техническая характеристика ленточных питателей.

параметры	Марка питателя				
	ПЛ-1	ПЛ-2	ПЛ-4	ПЛ-5	ПЛ-6
Ширина ленты, мм	400	400	400	400	400
Скорость движения ленты, м/с	0,18-0,262	0,18-0,262	0,18-0,262	0,18-0,262	0,18-0,262
Максимальная крупность питателя, мм	50	50	50	50	50
Габаритные размеры, мм					
длина	1484	1920	2820	3320	3820
ширина	788	788	788	788	788
высота	920	920	920	920	920
Масса, кг	405	458	525	557	589

Тарельчатые питатели предназначены для непрерывной подачи насыпных материалов крупностью до 150 мм в сушильные барабаны, шаровые мельницы. Устанавливаются под бункерами или силосами. Выбираются по производительности (табл. 56).

Определение производительности питателя производится по формуле:

$$Q = [h/p \cdot (R^2 + r^2 + R \cdot r) - \pi \cdot r^2 \cdot h] 3600 \cdot n \cdot \gamma, \text{ т/ч}$$

где h – высота кольца материала, врезанного ножом, м, (примерно равно высоте ножа);

R – наружный радиус основания кольца материала, срезанного ножом, м;

r – радиус верхней кромки снимаемого кольца материала, м;

n – частота вращения тарелки, мин^{-1} ;

γ – объемная масса материала, т/м^3 .

Частота вращения тарелки: $n = 16,5 / \sqrt{R}, \text{ мин}^{-1}$.

Таблица 56

Техническая характеристика тарельчатых питателей.

Параметры	СМ-86А	СМ-179А	4131	ДЛ-12А	ДЛ-16А	ДЛ-20А	Д-100	Д-160	Д-200
Диаметр тарелки, м	0,5	0,75	1,0	1,3	1,6	2,0	1,0	1,6	2,0
Частота вращения тарелки, с ⁻¹	0,07	0,07	0,12	0,08	0,07	0,07	0,11	0,11	0,11
Производительность, м ³ /ч	1,5	3,0	10,0	15,0	28,0	35,0	10,0	25,0	35,0
Мощность эл. двигателя, кВт	0,6	0,6	1,0	1,7	2,8	4,5	1,7	2,8	7,0
Габаритные размеры, мм									
длина	1,06	1,13	1,30	-	2,80	2,20	1,59	2,24	2,50
ширина	0,52	0,77	1,27	-	1,80	2,90	1,00	1,60	2,00
высота	0,79	0,97	1,03	1,34	1,80	1,79	0,62	0,70	0,79
Масса, т	0,21	0,24	0,45	1,33	2,56	3,20	0,80	1,28	0,75

Ячейковые (лопастные) питатели применяются для подачи и объемного дозирования сыпучих материалов (сухой сырьевой муки, удаление пыли из бункеров рукавных и электрических фильтров) (табл. 57).

Таблица 57

Техническая характеристика лопастных питателей.

Параметры	Размеры питателя, мм				
	200x200	300x300	400x400	500x800	500x800
Производительность, м ³ /ч	5	16	32	90	15
Частота вращения, об/мин	25	25	25	15,8	23,6
Мощность эл. двигателя, кВт	1,0	1,0	2,8	7,0	7,0
Общая масса питателя, т	0,29	0,44	0,6	1,6	1,6

Шнековые питатели предназначены для подачи и объемного дозирования сырьевой муки, цемента, извести, гипса, песка, угольной пыли. Их производительность составляет до 20-30 м³/ч, при диаметре винтов 150, 200, 300 мм и длине транспортирования до 1,5-2 м.

Производительность шнекового питателя определяется по формуле:

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot 2 \cdot D / 4 \cdot S \cdot n \cdot \gamma \cdot \varphi, \text{ т/ч}$$

где D – диаметр винта, м;

S – шаг винта, м; $S = (0.8 \div 1.0)D$;

n – частота вращения винта, мин⁻¹; $n = 20-80$ мин⁻¹;

γ = объемная плотность транспортируемого материала, т/м³;

ϕ – коэффициент заполнения корпуса, $\phi = 0,25-0,3$.

Мощность электродвигателя шнекового питателя определяется по формуле:

$$P = Q \cdot L / (367 \cdot \eta) \cdot (K + \sin\alpha)$$

где Q – производительность питателя, т/ч;

L – длина питателя, м;

α – угол наклона питателя;

K – коэффициент сопротивления, $K = 1,5-4$;

η – КПД привода.

Ковшовые шламовые питатели предназначены для питания шламом сырьевых мельниц и вращающихся обжиговых печей (табл. 58).

Таблица 58

Техническая характеристика шламовых питателей.

Параметры	ПШ-1	ПШ-2	ПШ-3
Производительность, м ³ /ч	75-150	50-100	33-65
Число черпаковых колес	2	2	1
Объем одного черпака, л	35	35	35
Частота вращения колеса, об/мин	6,4-12	4,2-8	5,3-10,3
Мощность эл. двигателя, кВт	6,0	6,0	3,2
Масса питателя, кг	3710	3700	2300

Весовые дозаторы применяются для непрерывного дозирования сыпучих материалов (известняк, гипс, клинкер, добавка и др.) с влажностью не более 9 %. Обычно применяют ленточные весовые дозаторы с автоматическим управлением (табл. 59).

Таблица 59

Техническая характеристика автоматических весовых дозаторов типа ЛДА.

Параметры	ЛДА-12Н	ЛДА-32Н	ЛДА-25Н	ЛДА-60Н	ЛДА-100Н
Ширина ленты, мм	500	500	800	800	1000
Скорость движения ленты, м/с	0,17	0,17	0,35	0,35	0,35
Производительность, м ³ /ч	1,5	8	25	40	100
Габаритные размеры с вибропитателем, мм					
длина	4500	4500	4500	4500	4500
ширина	1135	1135	1435	1435	1635
высота	1290	1290	1350	1350	1425
Масса, кг					
дозатора	560	560	600	600	-
вибропитателя	690	690	640	640	1300
Мощность привода, кВт	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0

8. Выбор и расчет расходных бункеров

По геометрической форме расходные бункеры бывают прямоугольными, круглыми, параболическими и комбинированными. Наиболее часто применяются комбинированные бункеры (рис. 17).

При расчете емкости бункера следует учитывать возможные неполадки как технологического, так и транспортирующего оборудования, подающего материал в бункер, что может привести к перебоям в работе технологического процесса. Поэтому объем расходных бункеров следует принимать с 2-х...4-х часовым запасом.

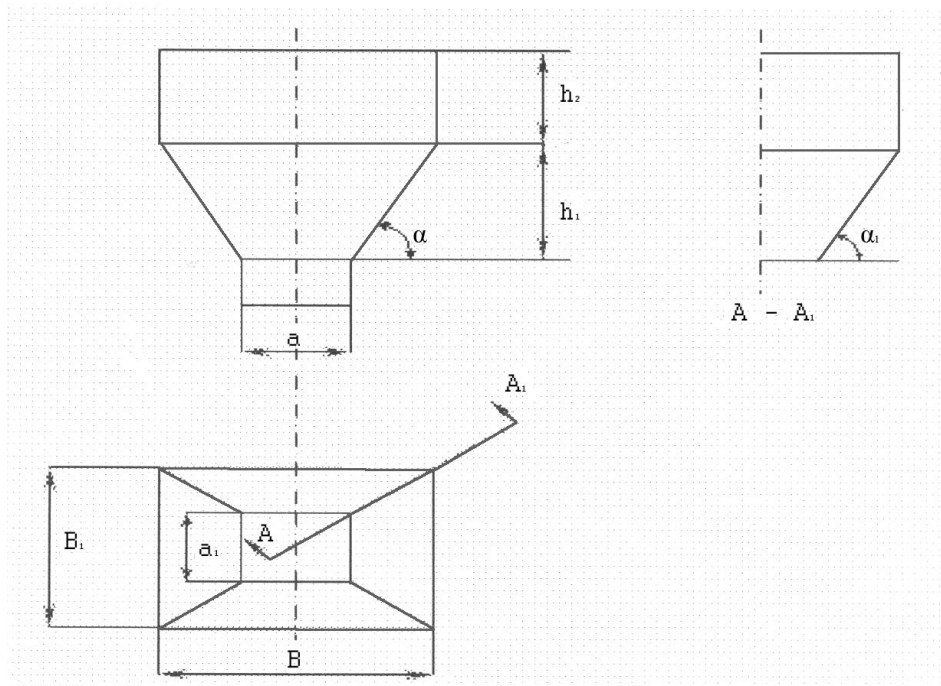


Рис. 17. Схема пирамидального бункера.

Геометрический объем пирамидального бункера определяется по зависимости:

$$V = h_2 \cdot b_1 \cdot b + h_1/b \cdot [(2 \cdot b + a) \cdot b_1 + (2 \cdot a + b) \cdot a_1], \quad \text{м}^3$$

Или при квадратном верхнем и нижнем отверстиях:

$$V = h_2 \cdot b^2 + h_1 / 3 \cdot (b^2 + a \cdot b + b \cdot a^2), \quad \text{м}^3$$

где h_1 – высота пирамидальной части бункера, м;

h_2 – высота призматической части бункера, м;

a, a_1 – размеры выпускного отверстия, м;

b, b_1 – размеры призматической части бункера в плане, м.

Расчет пирамидального бункера ведется в следующей последовательности:

1. Конструктивно назначаются размеры верхнего основания бункера b и b_1 .
2. Определяются размеры нижнего отверстия a и a_1 . наименьший размер этого отверстия определяется по формуле:

$$a = k \cdot (d_{\max} + 80) \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

где $k = 2,6$ – для сортировочного материала;

$k = 2,4$ – для рядового материала;

d_{\max} – размер максимальных кусков, мм;

φ – угол естественного откоса материала в покое, принимаем по табл. 60.

Минимальные размеры выпускных отверстий бункеров для некоторых материалов составляют:

для песка сухого – 150x150 мм;

для песка сырого – 450x450 мм;

для дробленого материала с максимальной крупностью:

до 60 мм – 300x300мм;

до 100 мм – 450x450 мм;

до 150 мм – 650x650 мм;

для цемента – 225x225 мм.

3. Определяются углы наклона стенок и ребер бункера горизонта по зависимостям:

для стенок $\alpha^\circ = \varphi + (5 \dots 10^\circ)$

для ребер $\alpha_1 = \rho + (5 \dots 10^\circ)$,

где ρ – угол трения материала, определяемый по соотношениям $f = \operatorname{tg}\rho$,

где f – коэффициент трения, принимаемый по табл. 60.

Таблица 60

Характеристика некоторых материалов.

Наименование материала	Угол естественного откоса в покое φ , градус	Коэффициент трения по стали, f
Гипс мелкокусковой	40	0,78
Глина мелкокусковая сухая	50	0,75
Гравий	30...45	1,00
Зола сухая	40...50	0,84
Известняк мелкокусковой	40...45	0,56
Песок сухой	30...35	0,80
Шлак	30...50	1,00
Цемент	40	0,65
Щебень сухой	35...40	0,74

4. Определяется высота пирамидальной части бункера:

$$h = (b - a) / 2 \operatorname{tg}\alpha$$

5. Определяется высота призматической части бункера h_2 из формулы геометрического объема, зная максимальный объем хранимого в бункере материала.

9. Выбор грузоподъемного оборудования

На предприятиях, изготавливающих разнообразные строительные материалы, в том числе вяжущие, применяется весьма габаритное и тяжелое технологическое оборудование, для монтажа, обслуживания и ремонта которого обязательно применение разнообразных грузоподъемных средств. В ряде случаев, например, для проведения складских операций, грузоподъемные устройства выполняют технологические операции.

Наиболее широко применяются мостовые краны, которыми укомплектовываются дробильно-сортировочные, помольные, сушильные, обжиговые цеха заводов, а также склады материалов и полуфабрикатов.

Выбор необходимого крана производится по грузоподъемности и длине пролета цеха.

Для дробильно-сортировочных цехов при выборе необходимого крана надо учитывать не только общую массу дробилки, но и массу отдельных узлов (табл. 61), так как наиболее мощные дробилки поставляются заводами-изготовителями не в собранном виде, а по узлам.

Таблица 61

Рекомендация для выбора кранов для монтажа
щековых и конусных дробилок.

Наименование и тип оборудования	Общая масса машины, т	Масса наиболее тяжелой сменной детали, т	Грузоподъемность крана
<u>Дробилки щековые</u>			
600x900 мм	21,37	5,1	10
900x1200 мм	72,9	13,47	15
1200x1500 мм	140,5	24,5	30
1500x2100 мм	255,6	35,8	50
<u>Дробилки конусные крупного дробления-ККД</u>			
ККД-500/75	38,54	7,743	10
ККД-900/160	134,58	25,7	30
ККД-1200/150	216,75	39,97	50
ККД-1500/180	409,00	77,56	100
ККД-1500/300	610,90	132,21	150
<u>Дробилки среднего дробления КСД</u>			
КСД-600	3,45	0,67	1
КСД-900	9,79	1,15	2
КСД-1200А	22,432	3,812	5
КСД-1200Б	22,428	3,808	5
КСД-1700Б	46,895	7,9	10
КСД-2200Б	79,27	17,04	20
<u>Дробилки мелкого дробления КМД</u>			

КМД-1200	22,583	3,372	5
КМД-1750	47,02	8,796	10
КДД-2200	95,37	16,44	20

Выбор кранов для сушильных и помольных цехов производится по массе наиболее тяжелых и габаритных узлов. Ориентировочно можно принимать грузоподъемность мостовых кранов в сушильных отделениях – 15 т, в помольных – до 30 т. При этом следует учитывать, что привод шаровых мельниц, состоящий из электродвигателя и редуктора, располагается за стеной в соседнем пролете, и для их монтажа и обслуживания принимаются собственные мостовые краны с грузоподъемностью до 30...35 т.

В складских помещениях для загрузки сыпучих и мелкокусковых материалов (шлак, клинкер, комовая известь-кипелка и т.п.) применяются мостовые грейферные краны грузоподъемностью от 5 до 20 т.

На предприятиях промышленности строительных материалов, имеющих технологические процессы с невысокой требуемой грузоподъемностью кранов, широко применяются подвесные кран-балки с грузоподъемностью не превышающей 5 т, которые монтируются на конструкциях перекрытия.

Краткая техническая характеристика кранов приведена в табл. 62, а полная в [9].

Таблица 62

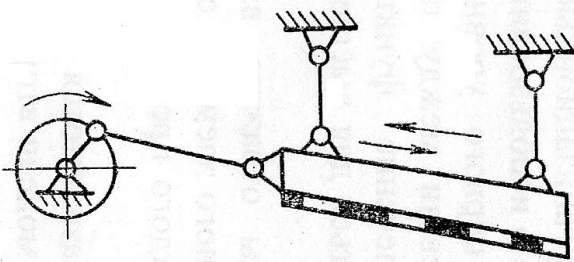
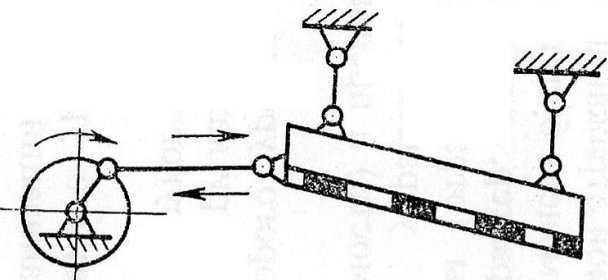
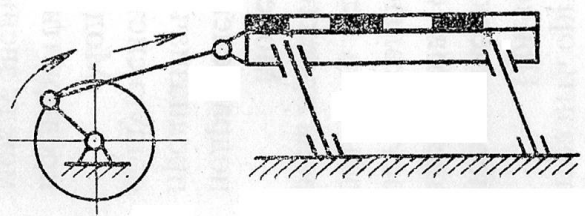
Краткая характеристика кранов.

Элементы характеристики	Тип грузоподъемного устройства		
	Мостовой кран общего назначения	Мостовой грейферный кран	Мостовой подвесной однобалочный кран
Грузоподъемность, т	5...20	5...20	0,25...5
Пролет, м	10,5...31,5	10,5...31,5	3...12
Высота подъемного груза, м	16...12	16...23	6
Скорость перемещения крана, м/мин	50	72...100	30
Скорость подъема груза, м/мин	2,5	40...50	8

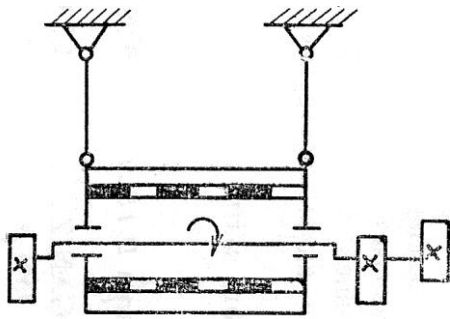
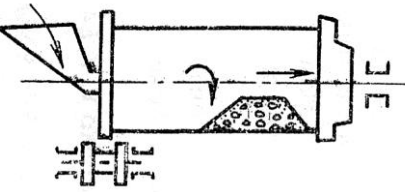
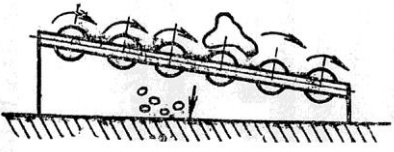
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее учебное пособие «Оборудование в технологических процессах строительной индустрии» дает возможность студентам лучше ориентироваться в решении поставленной перед ними задачи по выполнению курсового проекта. Однако, оно не может полностью дать ответы на все вопросы изучаемого курса, поэтому будущие специалисты должны получать дополнительную информацию из Интернета и консультаций с преподавателем.

Классификация подвижных грохотов

Форма просеивающей	Форма движения	Особенности движения	Принципиальная схема	Основные параметры			Область применения
				размеры сит, мм	максимальная крупность материала, мм	Число движений в мин	
Плоская	Качающиеся	Колебания вдоль сита					Для сортировки непрочных сильнопылящих материалов
		Колебания под углом к сит				100-300	
		Дифференциальное движение		От 500×2500 До 1250×4000	До 50	320-420	

Форма просеивающей вауцы	Форма движения	Особенности движения	Принципиальная схема	Основные параметры			Область применения
				размеры сит, мм	максимальная крупность материала, мм	Число движений в мин	
Плоская	Гиpационные	Вращательные колебания на эксцентриковом валу		От 1000×2500 до 1500×3750	До 400	800-1400	Для грохочения материалов размеров 40-400 мм
		Эллиптические (круговые) колебания		От 1200×2500 до 1500×3000	До 120	700-1200	Для грохочения средних и мелких фракций
		Направленные колебания		От 500×2500 до 1250×4000	До 80	720-1000	То же

Форма просеивающей поверхности	Форма движения	Особенности движения	Принципиальная схема	Основные параметры			Область применения
				размеры сит, мм	максимальная крупность материала, мм	Число движений в мин	
Плоская	Гирационные	Эллиптические самоцентрирующиеся		От 1250× ×2500 до 20000× ×4000	До 1200	800- -1200	Для грохочения средних и крупных фракций
Тело вращения	Вращающиеся	Круговые		Диаметр 600- -2100, длина 1800- -9000	До 100	10-25	Для сортировки гравия и песка
		Круговые		Диаметр 300- -400 длина 1500- 2800	—	15-40	Для крупного предварительного грохочения

10. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. Волженский А.В. минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986 – 462 с.
2. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие изделия. – М.: Строй издат, 1974 – 328 с.
3. Монастырев А.В. Производство извести, - М.: Высшая школа, 1972 – 270 с.
4. Справочник «Строительные машины». т.- 1,2 / под редакцией В.А. Баумана и Ф.А. Ларина / - М.: Машиностроение, 1977 – т.1 – 502 с., т.2 – 496 с.
5. Справочник «Строительные машины». т.2 / под редакцией М.Н. Гарбовца / - М.: Машиностроение, 1991 – 496 с.
6. Сапожников М.Я., Дроздов И.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. – М.: Издательство литература по строительству, 1970 – 488 с.
7. Справочник по обогащению руд. /Под редакцией Богданова О.С., Олевского В.А. / - М.: Недра, 1982 – 366 с.
8. Степанов Л.П., Косарев А.И. Устройство и монтаж дробильно-обогачительного оборудования, - М.: Высшая школа, 1989 – 224 с.
9. Справочник по кранам. / Под редакцией Дукельского А.И. / - М.: Машиностроение, 1974 – 460 с.
10. Хлусов А.Е. Упражнения и курсовое проектирование по грузоподъемному и транспортному оборудованию заводов строительных деталей. - М.: Высшая школа, 1963 – 137 с.
11. Кабанов В.С., Шмитько Е.И., Крылова А.В. Методические указания к выполнению комплексного курсового проекта по дисциплинам «Вяжущие вещества», «Процессы и аппараты в технологии строительных материалов», «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии». Воронеж: ротاپринт ВГАСА, 1993 – 50 с.
12. Проектирование механических передач. Учебное пособие для вузов / Чернавский С.А. и др./ - М.: Машиностроение, 1987.
13. Таранухин Н.А., Алексеев Б.В. Справочник молодого рабочего цементного производства. – М.: Высшая школа, 1990 – 175 с.
14. Лапшин А.Б. Обеспыливание в производстве извести. М.: Стройиздат, 1988 – 72 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1. Общие положения по выбору оборудования.....	
Выбор и расчет оборудования сырьевых карьеров.....	
2. Выбор и расчет оборудования дробильно-сортировочных узлов.....	
3. 3.1. Выбор и расчет оборудования узла первичного дробления.....	
3.2. Выбор и расчет оборудования узла вторичного дробления.....	
3.3. Выбор и расчет сортировочного оборудования.....	
4. Выбор и расчет оборудования для тонкого измельчения материалов.....	
5. Выбор и расчет оборудования для сушки и обжига сырьевых материалов	
6. Выбор и расчет машин для непрерывного транспортирования материалов....	
7. Выбор и расчет оборудования для дозирования материалов.....	
8. Выбор и расчет расходных бункеров.....	
9. Выбор грузоподъемного оборудования	
10. Пример задания и тематика курсового проектирования.....	
11. Библиографический список.....	
12. Приложение.....	
а) Графики (Рис. 18,19,20);	
б) Схемы (Рис. 21,24,25,26,27,28,31,35-42);	
в) Устройства (Рис. 22,23,29,30,32,33,34).	

Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. (Предприятие по изготовлению минеральных вяжущих материалов).

Учебное пособие к выполнению курсового проекта для студентов всех форм обучения специальностей: 220301, 210200 – “Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций” (Предприятие по изготовлению минеральных вяжущих материалов).

Составители: к.т.н., доц. Кабанов Виктор Семёнович
к.т.н., доц. Фролов Игорь Алексеевич

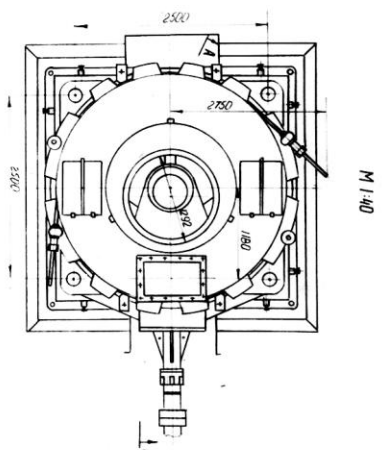
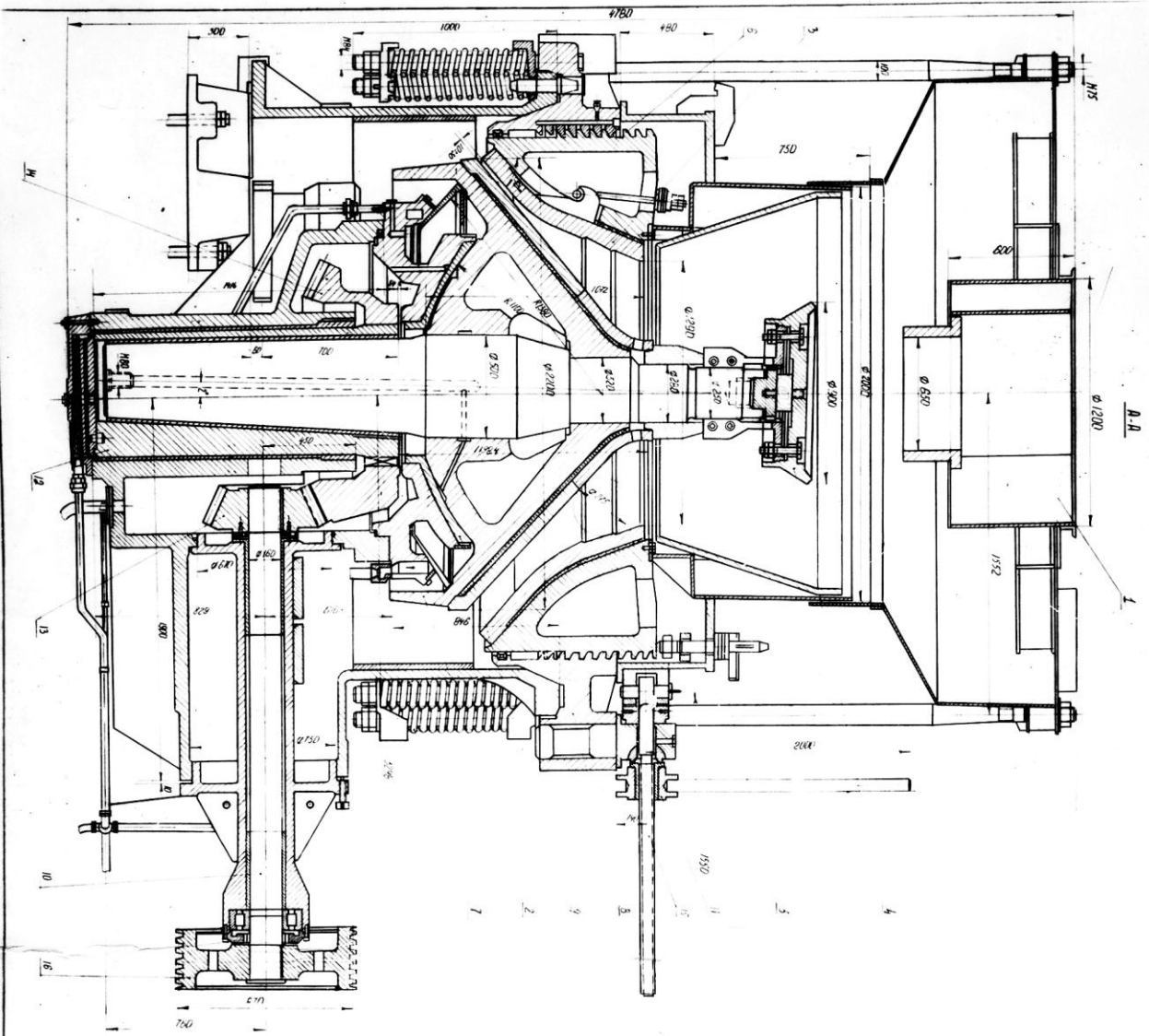
Редактор: Аграновская Н.Н.

Подписано в печать _____ Формат 60 × 84 $\frac{1}{16}$

Уч.изд.л. _____ Усл.печ.л. _____ Бумага писчая

Тираж 100 экз. Заказ № _____

Отпечатано: участок множительной техники Воронежского архитектурно – строительного университета 394000 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.



№ п/п	№ детали	Обозначение	Назначение	Материал
1	1	Сопло	Сопло	Сталь
2	2	Втулка	Втулка	Сталь
3	3	Втулка	Втулка	Сталь
4	4	Втулка	Втулка	Сталь
5	5	Пружина	Пружина	Сталь
6	6	Пружина	Пружина	Сталь
7	7	Пружина	Пружина	Сталь
8	8	Пружина	Пружина	Сталь
9	9	Пружина	Пружина	Сталь
10	10	Пружина	Пружина	Сталь
11	11	Пружина	Пружина	Сталь
12	12	Пружина	Пружина	Сталь
13	13	Пружина	Пружина	Сталь
14	14	Пружина	Пружина	Сталь
15	15	Пружина	Пружина	Сталь
16	16	Пружина	Пружина	Сталь

Изготовлено по чертежам
 № 122200
 М.П. 1:10
 БИЧМ 641