

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»



КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

По курсу

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК»

Донецк  
2019



ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по курсу

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК»

(для студентов специальности 21.05.04 "Горное дело"  
специализации "Обогащение полезных ископаемых")

Утверждено  
научно-издательским советом ДонНТУ  
Протокол №     от     . 2019 г.

Утверждено на заседании  
методической комиссии по специальности  
"Обогащение полезных ископаемых"  
Протокол № 2 от 04     февраля 2019 г.

Донецк-2019

ББК 33.4

УДК 622.7.09(075.8)

Корчевский А. Н. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК.  
Конспект лекций. Донецк: ДонНТУ. 2019. - 155 с.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА*

1. Разумов К.А., Перов В.В. Проектирование обогатительных фабрик: Учеб. для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва: Недра, 1982.- 518 с.
2. Смирнов В.О., Білецький В.С. Проектування збагачувальних фабрик. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2002. – 296 с.
3. Зозуля И.И., Назимко Е.И., Самойлик Г.В., Смирнов В.А. Проектирование углеобогатительных фабрик: Учеб. пособие. – К.: УМК ВО, 1992.- 284 с.

### *ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА*

4. Справочник по обогащению руд: В 4 т./ Гл. ред. О.С. Богданов. - Москва: Недра, 1984.
5. Справочник по обогащению руд черных металлов. - 2-е изд., перераб. и доп. под ред. С.Ф. Шинкоренко. - Москва: Недра, 1980.- 527 с.
6. Справочник по обогащению углей./ Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Недра, 1984.- 614 с.
7. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: В 2 кн./ Редкол. О.Н. Тихонов и др. - Москва: Недра, 1988.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ПРОЕКТА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

## 1.1. ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ

### КЛАСИФИКАЦИЯ И СОСТАВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

*Процессы обогащения состоят в разделении минералов на основе различий в их свойствах (плотности, смачиваемости, магнитной восприимчивости, твердости и др.).*

*Последовательные приемы механической обработки полезных ископаемых, осуществляемые с целью изменения ее качества или разделения на продукты разного качества, называются технологическими операциями.*

*По технологическому назначению процессы переработки полезных ископаемых на обогатительных фабриках подразделяются на:*

*- Подготовительные, предназначенные для раскрытия полезной компоненты, разделение полезного ископаемого на машинные классы, предварительного знешламления и тому подобное;*

*- Основные, или обогатительные, предназначенные для собственно разделения исходного продукта на концентрат, отходы и промпродукт, для чего используют различия в их свойствах;*

*- Вспомогательные, или заключительные, применяемые для сгущения, обезвоживания, обесшламливание, обеспыливания и регенерации оборотных вод.*

*Кроме технологических процессов, для нормального функционирования обогатительной фабрики должны быть предусмотрены процессы производственного обслуживания: внутрицеховой транспорт полезного ископаемого и продуктов ее переработки, поставки фабрики водой и электроэнергией, технологический контроль качества сырья и продуктов переработки*

*Обогащительная фабрика - это промышленное предприятие, предназначенное для первичной обработки полезных ископаемых с целью извлечения из нее одного или нескольких товарных продуктов с повышенным содержанием полезных минералов или пониженным содержанием вредных примесей.*

*Обогащительные фабрики классифицируют в зависимости от трех основных признаков:*

- *применяемого обогащительного процесса (дробильно-сортировочные, промывные, гравитационные, магнитные, флотационные и с комбинированными процессами обогащения)*

- *рода полезного ископаемого, перерабатываемого (фабрики для обогащения асбестовых, баритовых, вольфрамовых, железных, марганцевых, медных, молибденовых, серных, флюоритовых руд, угля, талька и др.);*

- *производительности фабрики (фабрики малой производительности - до 1500 т / сут, средней производительности - 1500-9000 т / сут, большой производительности - 9000-27000 т / сут, очень большой производительности - более 27000 т / сут)..*

*Углеобогащительные фабрики по территориальному расположению относительно шахт-поставщиков угля подразделяют на индивидуальные (СФ), групповые (ГОФ), центральные (ЦОФ).*

## СОСТАВ ОБОГАЩИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

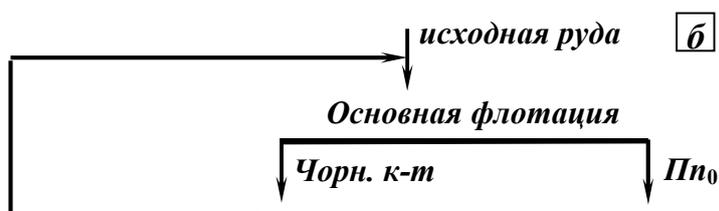
Основные производственные цеха и отделения	Вспомогательные цеха и отделения
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Отделение приема сырья,</li> <li>— цех крупного дробления,</li> <li>— дозирочно-аккумулирующие бункеры,</li> <li>— склады сырья,</li> <li>— цех мелкого и среднего дробления,</li> <li>— отделение измельчения,</li> <li>— отделение обогащения,</li> <li>— отделение обезвоживания,</li> <li>— цех сушки,</li> <li>— склады готовой продукции,</li> <li>— цех отгрузки готовой продукции,</li> <li>— цех складирования отходов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— цех водоснабжения,</li> <li>— цех электроснабжения,</li> <li>— ремонтный цех,</li> <li>— реакгентное отделения,</li> <li>— котельная,</li> <li>— отдел технического контроля (ОТК),</li> <li>— научно-исследовательская лаборатория,</li> <li>— склады запчастей, материалов и топлива,</li> <li>— руководство фабрики и Административно-хозяйственная служба</li> </ul>

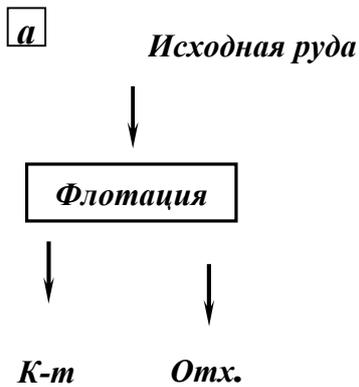
## СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Технологическими называются операции механической или иной обработки полезных ископаемых, предназначенные для изменения ее качества или для разделения на продукты разного качества.*

*Схема обогащения - графическое изображение совокупности технологических операций, которым подвергается полезное ископаемое на обогатительной фабрике.*

*Схемы переработки полезных ископаемых подразделяют на принципиальные (а) и полные (б).*



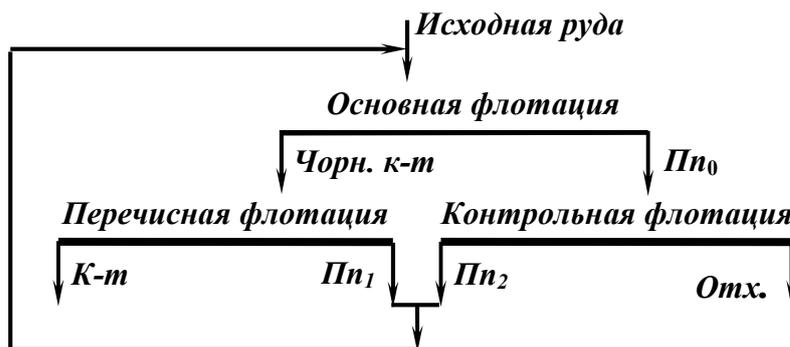


Цикл обогащения - обособленная группа операций обогащения полезного ископаемого, имеет общие признаки по качеству полезного ископаемого, цели обогащения или в процесс обогащения и его режима.

Стадия обогащения - совокупность операций обогащения, заключенных с исходной рудой или дробленным к определенной крупности продуктом. .

Схема оборудования - графическое изображение пути следования полезных ископаемых и продуктов ее обработки через все аппараты с указанием их типа, размера и числа.

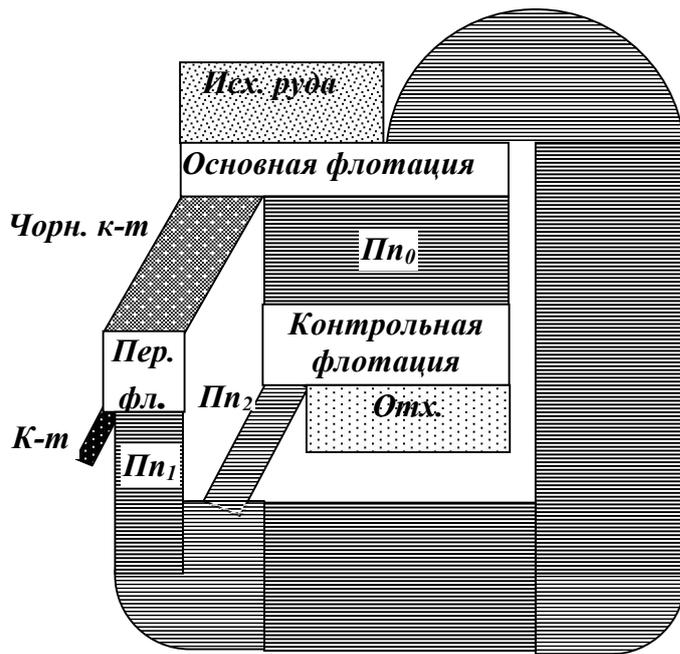
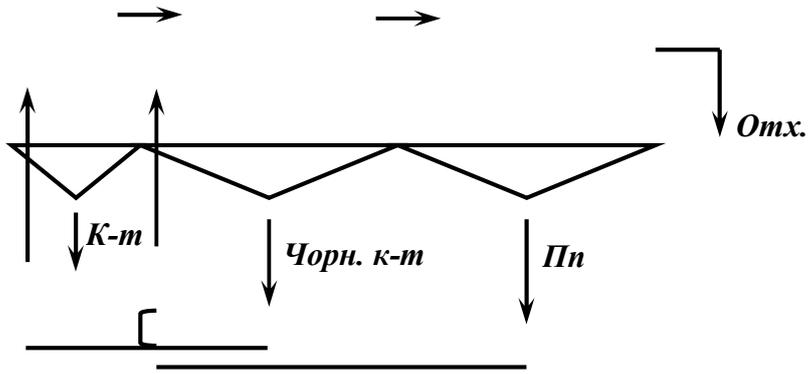
При разработке технологических схем можно пользоваться такими способами изображения (рис. 2.1): линейным, аппаратным и масштабным (объемным).



Линейный способ  
изображения схем.



Аппаратный способ  
изображения схем.



Объемный способ  
изображения схем.

## 1.2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА ОФ. ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Согласно законодательству капитальное строительство проводится и финансируется только по утвержденным проектам и сметам.

Проектом обогатительной фабрики называется комплекс технических документов, необходимых для осуществления строительства, монтажа и эксплуатации будущей фабрики или фабрики, которая реконструируется.

Общие требования по проекту обогатительной фабрики

- Рациональное и комплексное использование минеральных ресурсов;
- Высокая производительность труда;
- Экономное использование земли и эффективная охрана окружающей среды;
- Использование типового оборудования, строительных конструкций и проектов;
- Исследование возможности кооперирования фабрики;
- Разработка наиболее экономичного решения генерального плана;
- Недопущение излишеств в объемах и площадях промышленных зданий;
- Обеспечение безопасных условий труда.

Согласно строительным нормативам здания и сооружения обогатительной фабрики можно разрабатывать в одну стадию с выдачей техно-рабочего проекта и в две стадии с выдачей технического проекта и рабочих чертежей.

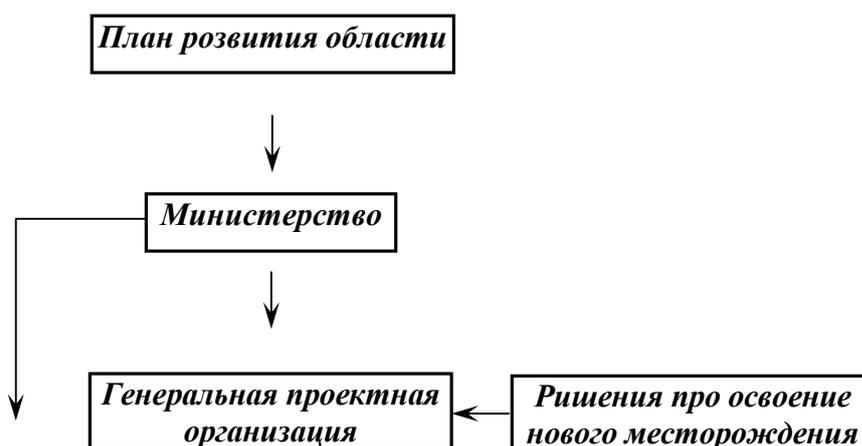
Технико-экономическое обоснование

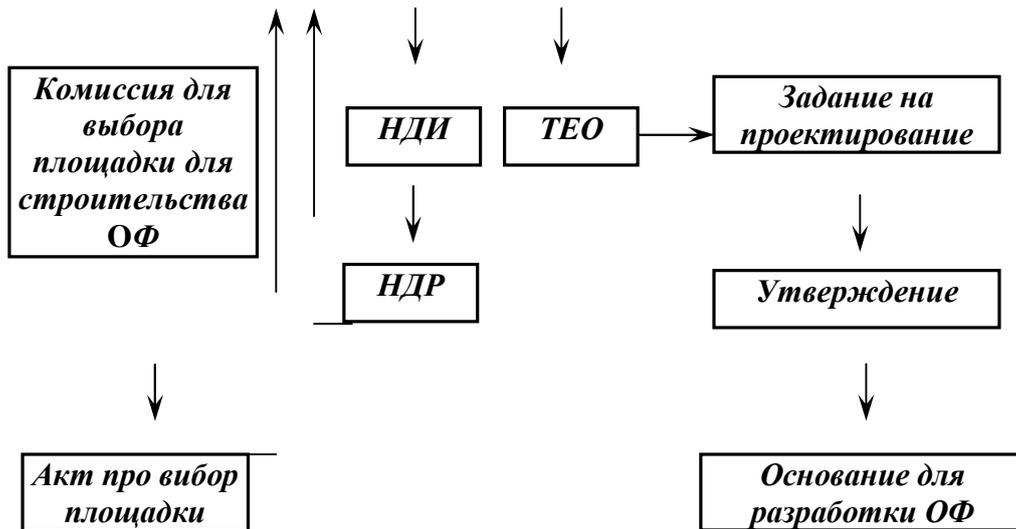
Проектированию обогатительной фабрики всегда предшествует разработка технико-экономического обоснования (ТЭО), где должны быть освещены следующие вопросы:

- Влияние проектируемой фабрики на рост производительности отрасли;
- Обоснование производительности и места строительства фабрики;
- Возможности производственного и хозяйственного кооперации с предприятиями данного промышленного района;
- Влияние проектируемой фабрики на другие отрасли промышленности;
- Ориентировочные данные о величине капитальных вложений и себестоимости продукции;
- Сравнение ожидаемых технико-экономических показателей с показателями отечественных и зарубежных фабрик-аналогов;
- Понимание о необходимости проведения дополнительных исследовательских работ перед разработкой проекта обогатительной фабрики.

Для крупных предприятий ТЭО разрабатывается специализированной проектной организацией, для предприятий небольшой мощности - главным управлением министерства, которому подчинена данная отрасль. ТЭО рассматривается и утверждается министерством (заказчиком). По утвержденному ТЭО заказчик составляет задание на проектирование фабрики.

Порядок проектирования ОФ объясняется схемой





### 1.3. ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

#### Технический проект

2. Техничко-экономическая часть. Технический проект обычно состоит из одиннадцати разделов:, но при проектировании крупных обогатительных фабрик их число может быть увеличено, при проектировании малых - сокращено.

В разделах технического проекта обогатительной фабрики должны быть решены следующие вопросы:

1. Общая пояснительная записка. В этом разделе приводятся: основание для разработки проекта, производительность фабрики по сырью и концентратах, технико-экономические показатели, основные проектные решения, капитальные вложения, очередность строительства и сроки ввода фабрики в эксплуатацию.

3. Генеральный план, транспорт и рекультивация нарушенных земель. Раздел содержит основные показатели генерального плана, а также планировочные решения расположения зданий, сооружений, складов,

железнодорожных путей, автодорог и других инженерных коммуникаций на промышленной площадке обогатительной фабрики.

4. Технология производства, обеспечение энергоресурсами и защита окружающей среды. Приведена характеристика сырья в отношении ее вещественного, минералогического и гранулометрического составов, вкрапления полезных минералов, наличие разрушенной пустой породы или глинистых примесей, физических свойств минералов. Проанализированы результаты исследований полезных ископаемых на обогатимость и для сравнения результаты работы фабрик-аналогов. Сделано выбор и обоснование технологической схемы фабрики, основного оборудования и вариантов его размещения в цехах, вариантов внутрицехового транспорта, схемы электроснабжения, компрессорной, воздушной и вакуумной станций. Определены емкость бункеров и складов, потребность в топливе, реагентах и материалах, установленную и потребляемую мощность, расход на переработку 1 т сырья. Организацию ремонта оборудования, испытания и контроля технологических процессов. Мероприятия по охране окружающей среды, очистки сушильных газов, нейтрализации промышленных стоков.

5. Организация труда и система управления производством. Раздел содержит режим труда и отдыха, штаты трудящихся, мероприятия по технике безопасности, организации управления производством.

6. Строительная часть. В данном разделе приведены планы и разрезы зданий и сооружений обогатительной фабрики с указанием их размеров, площади, объема, типа конструкций и материалов. Избран источники технической и питьевой воды, местоположение и методы укладки отходов и очистки сточных вод, схемы водоснабжения, канализации и санитарное оборудование. Определены затраты технической и питьевой воды, количества тепла и энергии для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Решение по бытовому обслуживанию трудящихся.

7. Организация строительства. Раздел содержит планы и графики строительства обогатительной фабрики, методы выполнения строительных

*работ, расчеты объемов основных строительных и монтажных работ, потребности в строительных материалах, механизмах, электроэнергии, воде, паре, определение потребности в строительных кадрах и меры по обеспечению их жильем.*

*8. Организация подготовки к освоению проектных мощностей и их освоение в нормативный срок. Приведены организационные, технические и другие мероприятия по обеспечению освоения мощностей.*

*9. Жилищно-гражданское строительство. Раздел содержит график и объем строительства жилого фонда для обеспечения трудящихся обогатительной фабрики. 10. Кошторисна частьна.*

*Раздел представлен комплектом документов о стоимости строительства обогатительной фабрики и отдельных ее объектов.*

*11. Графическая часть проекта. Состоит в минимально необходимом объеме и включает: технологическую схему, схему оборудования, конструктивные планы и разрезы производственных цехов с нанесением основного оборудования в масштабе 1: 100 или 1: 200, схему электроснабжения, ситуационный план местности, генеральный план обогатительной фабрики в масштабе от 1: 500 до 1: 2000, мероприятия по рекультивации земель, занятых под хвостовое и отвальных хозяйство.*

*Рабочие чертежи разрабатываются проектной организацией на основе утвержденного технического проекта и полученных от заказчика технических данных по заказному оборудованию.*

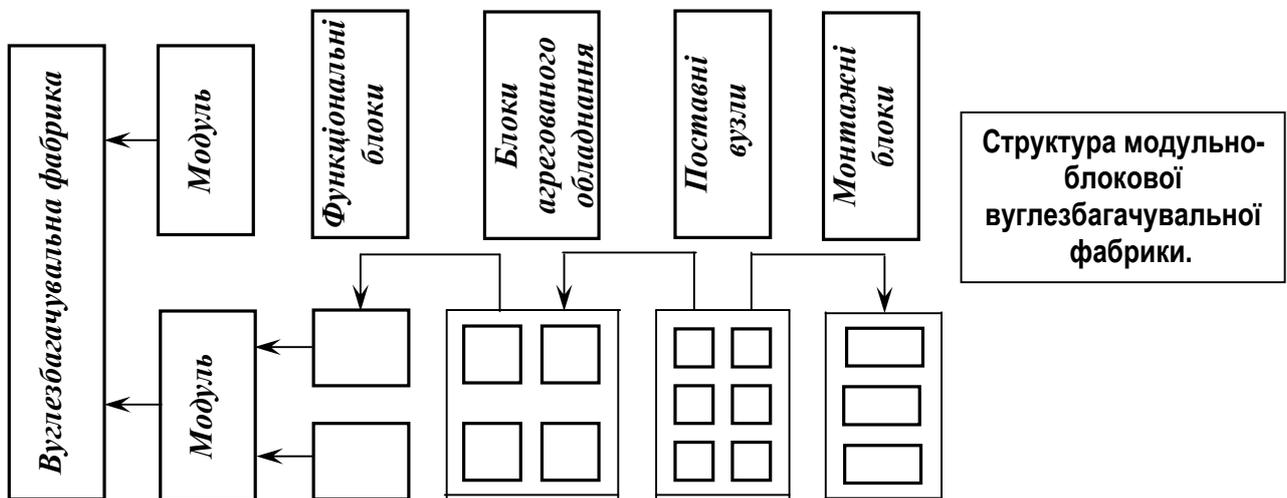
*Типовое проектирование имеет целью обеспечить строительство многократных повторяющихся однотипных цехов и сооружений готовыми проектами и рабочими чертежами.*

*Объемное проектирование заключается в компоновке на специальном стенде с моделями оборудования, аппаратуры, трубопроводов, сборных строительных конструкций и т.д. макет цеха обогатительной фабрики, из которого изготавливают масштабные и безмасштабные чертежи.*

*Модульно-блочное метод формирования углеобогатительных фабрик*

Модульно-блочное формирование углеобогащительных фабрик - метод проектирования, комплектации и поставки оборудования, а также ввод и последовательного наращивания мощностей автономными производственными комплексами (модулями). Метод обеспечивает:

- Небольшой срок строительства;
- Более низкие затраты на проектирование;
- Возможность расширения фабрики;
- Возможность расширения фабрики;
- Возможность переноса фабрики на новое место;
- Секционирования технологической схемы.



Системы автоматизированного проектирования ОФ позволяет реализовать некоторые функции по разделам проекта:

Технологическая часть - расчет и проектирование технологических схем, оборудования, трубопроводов.

Архитектурно-строительная часть - расчет и проектирование металлических и железобетонных конструкций.

Санитарно-технические системы - проектирование теплоснабжения, отопления, водоснабжения, вентиляции корпусов.

Электротехнические системы - расчет и проектирование электроснабжения, электросилового оборудования, светотехнической части проектов, телемеханизации.

Гидротехнические сооружения - расчет и проектирование напорного и безнапорного гидротранспорта отвальных хвостов, устойчивости откосов хвостохранилищ.

Системы автоматизации - разработка схем внешних соединений, электрических и трубных проводок щитов автоматики.

Сметная часть - составление локальных и сводных смет, сведений материалов, спецификаций, комплектация оборудования.

#### 1.4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Исходные данные для проектирования ОФ включают:

- Задание на проектирование обогатительной фабрики, состоящий министерством или дирекцией предприятия с участием проектной организации в соответствии с утвержденным ТЭО и плана развития данной отрасли промышленности. В задании на проектирование должны быть указаны: основание для проектирования фабрики, район строительства, производительность фабрики по сырью и концентратах, требования к качеству концентратов, затраты на 1 т готовой продукции и ее себестоимость,

ориентировочные размеры капитальных вложений, источники снабжения сырьем, водой, электроэнергией, возможность кооперации с другими предприятиями района.

● Данные о промышленной площадке включают: топографический план местности с указанием существующих зданий, сооружений, подъездных путей, растительного покрова; данные о почвах (состав, физические свойства, допустимые нагрузки, уровень грунтовых вод, глубина промерзания) характеристику местных строительных материалов; данные об источниках водоснабжения и электроснабжения и их характеристики.

● Экономические данные о районе строительства отражают: характер и перспективы промышленного развития района; данные о топливных ресурсах и их стоимость; условия транспорта; условия получения и отпускные цены на воду и электроэнергию; наличие и стоимость основных материалов, необходимых при эксплуатации фабрики; возможность обеспечения фабрики рабочей силой и размещения рабочих в существующих поселках.

● Данные геолого-технологического изучения месторождения должны содержать: характеристику руды в месторождении как объекта обогащения (тип, вещественный состав с пространственной привязкой в рудном теле) колебания содержания полезных компонентов в рудах, вкрапления, твердость, степени окисления.

● Данные по горной части проекта содержат: календарный план развития горнодобывающего предприятия с указанием сортов полезного ископаемого и производительности по сортам в отдельные периоды эксплуатации; информацию о содержании полезных компонентов и вредных примесей в отдельных сортах и их возможные колебания; характеристику крупности полезного ископаемого и его физические свойства; график поступления полезных ископаемых на обогатительную фабрику и вид транспорта.

● Нормативные материалы представлены необходимыми проектам; стандартам на оборудование, сырье, готовую продукцию; нормами технологического проектирования, противопожарной, санитарной и

электробезопасности; преискурантами на сырье, концентраты, материалы и оборудования; тарифами и ценниками; правилами использования, хранения, оборудования и эксплуатации и другими нормативными документами по различным вопросам жизнедеятельности обогатительной фабрики.

● Данные о результатах исследований обогатимости полезных ископаемых используются для выбора технологической схемы обогащения и определения производительности оборудования. В этом разделе должны быть приведены: минералогический и химический анализы полезных ископаемых; характеристика вкрапления минералов; степень разрушенности полезного ископаемого (содержание глины, первичных шламов, влаги) характеристики крупности полезного ископаемого и дробленых продуктов; результаты испытания полезного ископаемого на обогатимость по наиболее перспективным схемам; содержание полезных компонентов в продуктах обогащения и их изъятия в отдельных операциях; оптимальная плотность пульпы в операциях и продуктах; нормы удельной нагрузки или продолжительность обработки продукта. Степень надежности результатов исследований зависит от их масштаба.

## 1.5 ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

### Минимально допустимое содержание полезного компонента в исходном сырье

Критерий предельно допустимой себестоимости 1 т готовой продукции - себестоимость продукции при переработке сырья из беднейших участков месторождения полезного ископаемого:

$$C_{cp} = \beta_3(a + b) / (\alpha_{min}\epsilon_{\phi}\epsilon_3) + \beta_3(C_m + C_3) / (\beta_{\phi}\epsilon_3).$$

Если на ОФ, независимо от содержания полезного компонента в сырье, получают концентрат одинакового качества, то:

$$C_{zp} = \beta_3(a + b) / (\alpha_{min}\varepsilon_\Phi\varepsilon_3) + q$$

то то же

$$\alpha_{min} = \beta_3(a + b) / \varepsilon_\Phi\varepsilon_3(C_{zp} - q)$$

где  $q$  - постоянная часть расходов на транспорт и заводскую переработку концентрата.

### Производительность ОФ

Производительность ОФ - производительность ее главного корпуса.

Производительность ОФ зависит от производительности горнодобывающего предприятия, потребности в концентрате и местоположения:

- ОФ расположена при горнодобывающем предприятии (шахте или руднике):

$$Q_{зф} \geq Q_{ш}, \text{ т/рік};$$

- ОФ расположена при перерабатывающем предприятии (КХЗ или МЗ):

$$Q_{зф} = Q_3\beta_\Phi / (\alpha \varepsilon_\Phi \varepsilon_3), \text{ т/рік.}$$

- ОФ расположена на отдельной территории (обслуживание нескольких шахт).

### РЕЖИМ РАБОТЫ ОФ:

- для индивидуальных ОФ - в соответствии с режимом работы горнодобывающего предприятия,

- для углеобогащительных ЦОФ - 300 рабочих дней в году при 20 часах работы в сутки,

- для рудных обогатительных фабрик - 350 рабочих дней в году при 24 часах работы в сутки,

- для обогатительных фабрик, расположенных при заводе, перерабатывает продукцию фабрики, - в соответствии с режимом работы завода.

Суточная производительность ОФ:

$$Q_{\text{ДОБ}} = Q_P / T, \text{ т/сут.}$$

Часовая производительность ОФ:

$$Q_{\text{ГОД}} = K Q_{\text{ДОБ}} / (m t), \text{ т/год.}$$

#### Выбор качественных показателей схемы обогащения

Сущность метода экономического сравнения вариантов схем обогащения заключается в сопоставлении дополнительных капитальных затрат с годовой экономией, получаемой фабрикой.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  – капитальные расходы;

$B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$  – эксплуатационные расходы, включая стоимость сырья;

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  – стоимость продукции, изготовленной за год, по отпускным ценам.

Годовая экономия или перерасход  $M_i$  :

$$M_i = (B_j - B_i) + (P_i - P_j) .$$

Показатель экономической эффективности варианта является отношение дополнительных капитальных затрат к дополнительно полученной экономии и

выражается числом лет, в течение которых дополнительные капитальные затраты окупаются:

$$t_i = (A_i - A_1) / M_i .$$

Чем меньше величина  $t_i$ , тем выше эффективность дополнительных капитальных вложений. Предельно допустимый срок окупаемости:

- в металлургической промышленности 5 лет,
- в угольной - 5 лет,
- в химической - 3-5 лет,
- у промышленности строительных материалов - 6 лет.

Условия экономичности  $i$ -того варианта по сравнению с первым:

$$t_{zp} > (A_i - A_1) / [(B_1 - B_i) + (P_i - P_1)] .$$

Для наиболее экономичного варианта:

$$A_i + t_{zp} (B_i - P_i) = \min .$$

при ( $P_i = P_1$ ):

$$A_i + t_{zp} B_i = \min .$$

Основные расчетные уравнения



*Технологическая операция*

Схема технологической операции



Схемы подготовительных операций

№ пр.	Выход, %	Содержание расчетного класса, %	Расчетные уравнения
-------	----------	---------------------------------	---------------------

2	$\gamma_2$	$a_2$	$\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3$
3	$\gamma_3$	$a_3$	$\gamma_1 a_1 = \gamma_2 a_2 + \gamma_3 a_3$
1	$\gamma_1$	$a_1$	

### Схемы подготовительных операций

№ пр.	Выход, %	Содержание расчетного компонента, %	Расчетные уравнения
2	$\gamma_2$	$\beta_2$	$\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3$
3	$\gamma_3$	$\beta_3$	$\gamma_1 \beta_1 = \gamma_2 \beta_2 + \gamma_3 \beta_3$
1	$\gamma_1$	$\beta_1$	

### Водно-шламовые схемы

№ пр.	Выход, %	Разреженность, %	Расчетные уравнения
2	$\gamma_2$	$R_2$	$\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3$
3	$\gamma_3$	$R_3$	$\gamma_1 R_1 = \gamma_2 R_2 + \gamma_3 R_3$
1	$\gamma_1$	$R_1$	

### Оценка технологических процессов

Количественная оценка		Оценка эффективности
Количество расчетного класса	$\gamma_i a_i$	$E_i = \gamma_i a_i / a$
Количество расчетного силовы.	$\gamma_i \beta_i$	$E_i = \gamma_i \beta_i / \beta$
Количество жидкой фазы	$\gamma_i R_i$	$E_i = \gamma_i R_i / R$

Литература к разделу 1: [1] с. 6 – 26, [2] с. 4 – 26.

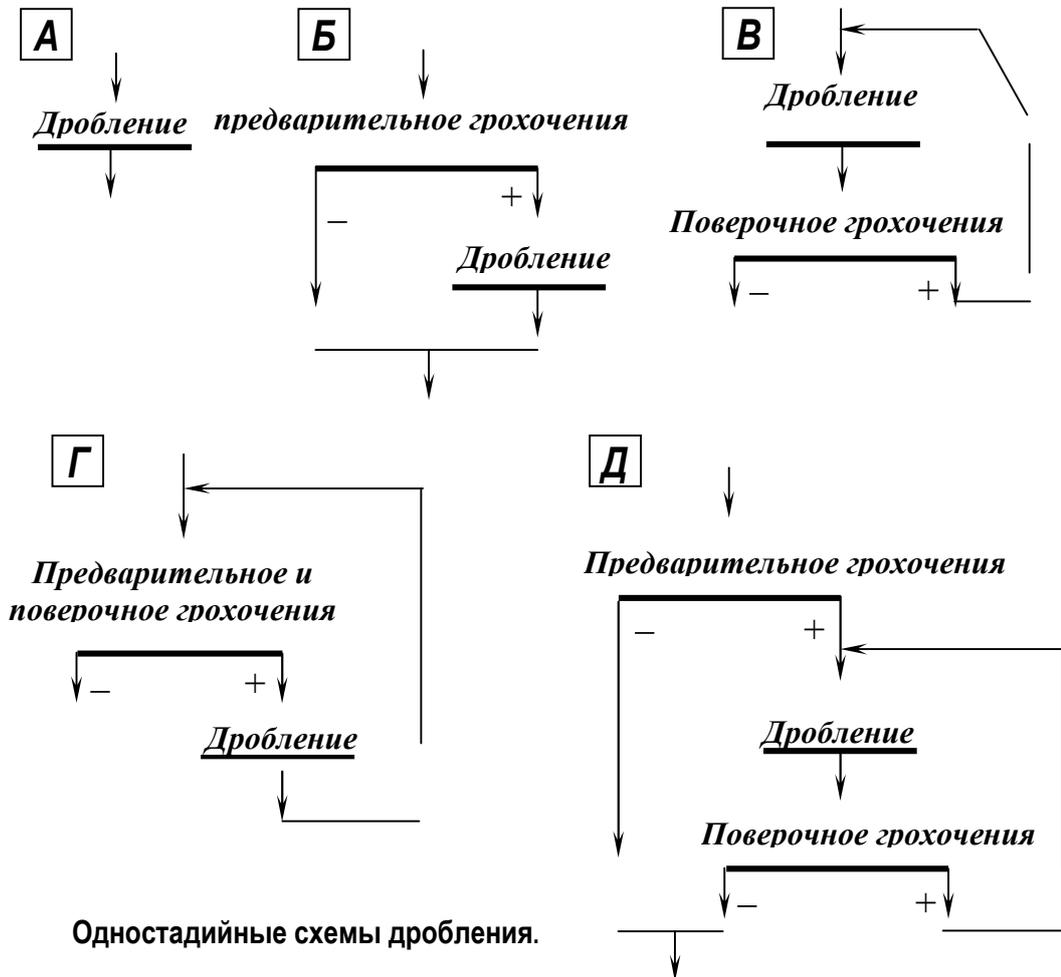
## 2 ВЫБОР И РАСЧЕТ СХЕМ ДРОБЛЕНИЕ

Операции дробления на обогатительных фабриках применяются: при крупном вкрапления минералов - для подготовки полезных ископаемых к операциям обогащения, при мелком и тонком вкраплениями - для подготовки к операциям измельчения. На дробильно-сортировочных фабриках операции дробления имеют самостоятельное значение.

### СХЕМЫ ДРОБЛЕНИЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ РУД К ИЗМЕЛЬЧЕНИЮ

Операция дробления и операции предварительного и поверочного грохочения составляют стадию дробления, а совокупность стадий дробления - схему дробления.

Разновидности стадий, которые используются в схемах дробления такие стадия А - открытая; стадия Б - открытая с предыдущим грохочением; стадия В - замкнутая с поверочным (контрольным) грохочением; стадия Г - замкнутая с сочетанием предварительного и поверочного грохочения; стадия Д - замкнутая с отдельными предыдущим и поверочным грохочением.



Выбор рациональной схемы дробления определяется двумя вопросами:

- о числе стадий дробления,
- о необходимости операций грохочения в отдельных стадиях.

Число стадий дробления определяется начальной и конечной крупности материала.

Первое правило выбора схемы дробления: число стадий дробления при подготовке руд к измельчению должно равняться двум или трем.

Исключение из этого правила может быть сделано в случае использования инерционных, молотковых и роторных дробилок, для фабрик очень малой и очень большой производительности

Операции предварительного грохочения в схемах дробления применяют для уменьшения количества материала, поступающего в операцию дробления, а также для увеличения подвижности материала в рабочей зоне дробилки.

Второе правило выбора схемы дробления:

- предварительное грохочения перед первой стадией применяется редко, оно должно быть обосновано;
- предварительное грохочения перед второй стадией, как правило, предполагается, отказ от него должно быть обосновано;
- предварительное грохочения перед третьей стадией предполагается всегда.

*Операции поверочного грохочения применяют для возвращения в дробилку надрешетного продукта.*

Третье правило выбора схемы дробления: в последней стадии дробления должна быть операция поверочного грохочения.

Три правила выбора схемы дробления удовлетворяют при мелком материале схемы АБ, ББ, БГ и БД, при крупном материале - схемы АББ, БББ, АБГ, ББГ, АБД и ББД. Операция грохочения на первой стадии не обязательно. Схемы АБ, ББ, АББ и БББ позволяют получить дробленый продукт крупностью до 25 мм, схемы БГ, БД, АБГ, ББГ, АБД и ББД - крупностью до 10 - 20 мм.

Эти схемы и применяют в большинстве случаев на обогатительных фабриках при подготовке полезных ископаемых к измельчению.

При дроблении влажных руд применяется схема БББ.

При дроблении влажных и глинистых руд дробильное отделение работает с использованием промывки руды на грохотах.

При дроблении глинистых, влажных руд с заснеженным мелочью в суровых климатических условиях мелочь отделяют грохочением после первой

стадии дробления и подают непосредственно в главный корпус или на измельчение в отдельный цикл обработки.

## СХЕМЫ ДРОБЛЕНИЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ РУД К САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Схемы само- и напивсамоподрибнення используют на обогатительных фабриках большой и очень большой производительности.

Самоизмельчения может быть четырех видов:

- *рудное самоизмельчения (крупность питания 350 - 500 мм);*
- *напивсамоподрибнення (добавление 5 - 10% стальных шаров);*
- *грубое рудногалькове измельчения (крупность питания 3 - 5 мм);*
- *тонкое рудногалькове измельчения (крупность питания 15 - 25 мм).*

При рудном самоизмельчения руды подлежит только крупному дроблению, при рудногальковому самоизмельчения схемы дробления аналогичные схемам подготовки руды к измельчению в стержневых и шаровых мельницах. Отличие этих схем заключается лишь в том, что из продуктов дробления нужно грохочением выделить определенные классы крупности, которые используются как мелющие (измельчающее) среду. Процесс самоизмельчения не универсален - он не применим для мягких, а также очень твердых руд, требует регулирования гранулометрического состава руды. Выбор одного из способов регулирования гранулометрического состава проводится на основе результатов технологических испытаний и последующего технико-экономического сравнения.

## ВЫБОР ВАРИАНТА СХЕМЫ ДРОБЛЕНИЕ

При подготовке руд к измельчению выбор схемы дробления зависит от способа и схемы следующего измельчения, типа руды и ее физических свойств.

В этом случае возможны варианты:

- одностадийное дробления руды до 300 мм по схемам А или Б и последующее рудное самоизмельчения;

- трехстадийном дробления руды до 10-15 мм по схеме АБГ и последующее одностадийное измельчения в шаровых мельницах;

- трехстадийном дробление руды до 20-25 мм по схеме АБГ и последующее двухстадийное измельчения в стержневых и шаровых мельницах.

Для фабрик малой производительности самоизмельчения не применяется, но рассматривается возможность использования двухстадийного схем дробления АГ.

Для влажных и глинистых руд схемы дробления включают операции грохочения для отделения наиболее влажного мелкого класса. При высоком содержании глины и влаги предусматривают промывание руды и дробления с подачей воды в дробилку.

## СХЕМЫ ДРОБЛЕНИЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ РУД К ОБОГАЩЕНИЮ

Результаты обогащения зависят от степени раскрытия полезных и породных минералов.

При обогащении угля, а также валунных железных и крупновкрапленных руд дробления выполняют до 50-100 мм в одну или две стадии с предыдущим грохочением, но без проверочного.

При обогащении крупновкрапленной руды отводками или в тяжелых суспензиях дробление выполняют до крупности 6-30 мм с применением поверочного грохочения в последней стадии.

Подготовка к обогащению дрибнокрапленных руд редких металлов осуществляется дроблением до 6 - 20 мм с последующим измельчением в стержневых мельницах до 0,3 - 2 мм.

## РАСЧЕТ СХЕМЫ ДРОБЛЕНИЕ

*Выходные данные: производительность обогатительной фабрики по исходному сырью, характеристики крупности исходного сырья и продуктов дробления, заданную максимальную крупность дробленого продукта, показатели эффективности грохочения в отдельных стадиях дробления.*

После выбора и обоснования схемы дробления выполняют ее расчет, последовательно определяя:

- часовую производительность цеха дробления с учетом графика его работы,
- общую степень дробления:

$$S_{\text{заг}} = D_{\text{max}} / d_{\text{max}} .$$

- Степени дробления в отдельных стадиях (средняя степень дробления):

$$S_{\text{ср}} = (S_{\text{заг}})^{1/n} .$$

- Условную максимальную крупность дробленых продуктов в отдельных стадиях:

$$D_1 = D_{\text{max}} / S_1 ,$$

$$D_2 = D_{\text{max}} / S_1 \odot S_2 ,$$

$$D_3 = D_{\text{max}} / S_1 \odot S_2 \odot S_3 .$$

- Ширину разгрузочных щелей дробилок в отдельных стадиях:

$$i_1 = D_1 / z_1 ,$$

$$i_2 = D_2 / z_2 ,$$

$$i_3 = D_3 / z_3 \text{ – в открытом цикле дробления,}$$

$$i_3 = (0,8 - 1,0) D_3 \text{ – в замкнутом цикле дробления.}$$

- *Размер отверстий сит грохотов в отдельных стадиях:*

$$a_1 = (i_1 - i_1 z_1) ,$$

$$a_2 = (i_2 - i_2 z_2) ,$$

$$a_3 = (i_3 - i_3 z_3) \text{ – в открытом цикле дробления,}$$

$$a_3 = (1,0 - 1,2)D_3 \text{ – в замкнутом цикле дробления.}$$

- *Эффективность грохочения зависит от типа используемого в операции грохота и крупности грохочения:*

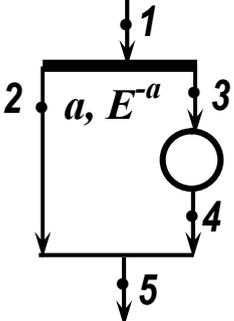
для неподвижных колосниковых грохотов  $E^{-a} = 60 - 70 \%$  ,

для вибрационных грохотов –  $E^{-a} = 80 - 85 \%$  .

- *Расчет масс продуктов схемы дробления осуществляется постадийно с учетом выбранного варианта стадии, гранулометрического состава продуктов и эффективности используемого в стадии процесса грохочения.*

Литература к разделу 2: [1] с. 42 – 81, [2] с. 27 – 39.

• расчет масс продуктов

Схема	Расчетные формулы
<p><b>A</b></p> 	$Q_1 = Q_2$
<p><b>B</b></p> 	$Q_2 = Q_1 b_1^{-a} E^{-a}$ $Q_3 = Q_4 = Q_1 - Q_2$ $Q_5 = Q_2 + Q_4 = Q_1$
<p><b>B</b></p> 	$Q_4 = Q_1$



### 3 ВЫБОР И РАСЧЕТ СХЕМ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

На обогатительных фабриках при тонком вкраплениями красного минерала измельчения применяется для подготовки полезного ископаемого к операциям обогащения.

#### ОПЕРАЦИИ КЛАССИФИКАЦИИ В СХЕМАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Схемы измельчения состоят из одной или нескольких стадий, каждая из которых включает операции измельчения и классификации. В схемах измельчения могут присутствовать следующие операции классификации: предыдущая, проверочная в полностью или частично замкнутом цикле измельчения, контрольная слива или песков.

Предварительная классификация питания стадии измельчения применяется с целью увеличения производительности мельницы, уменьшение

шламоутворення, выделение в отдельный продукт первичных шламов и компонентов полезного ископаемого, легко измельчаются.

Проверочная классификация во вполне замкнутом цикле применяется для контроля крупности измельченного продукта, повышение производительности мельницы и уменьшение ошламливания продукта при измельчении.

Проверочная классификация в частично замкнутом цикле встречается только в многостадийных схемах измельчения. Контрольная классификация слива применяется при необходимости получения тонкого конечного продукта при одностадийном измельчении и при необходимости стадийного обогащения полезных ископаемых.

Контрольная классификация песков используется для снижения содержания готового продукта в песках. Применяется крайне редко.

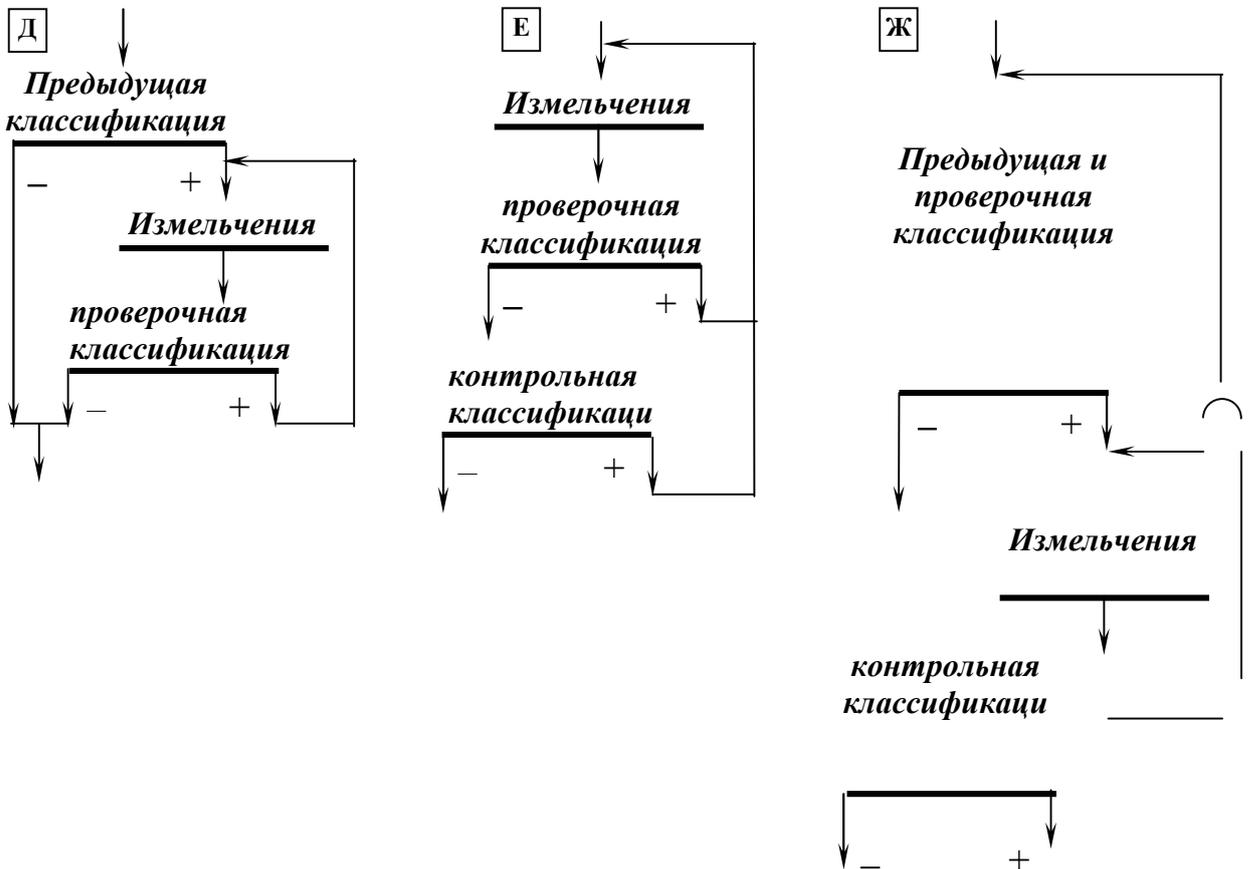
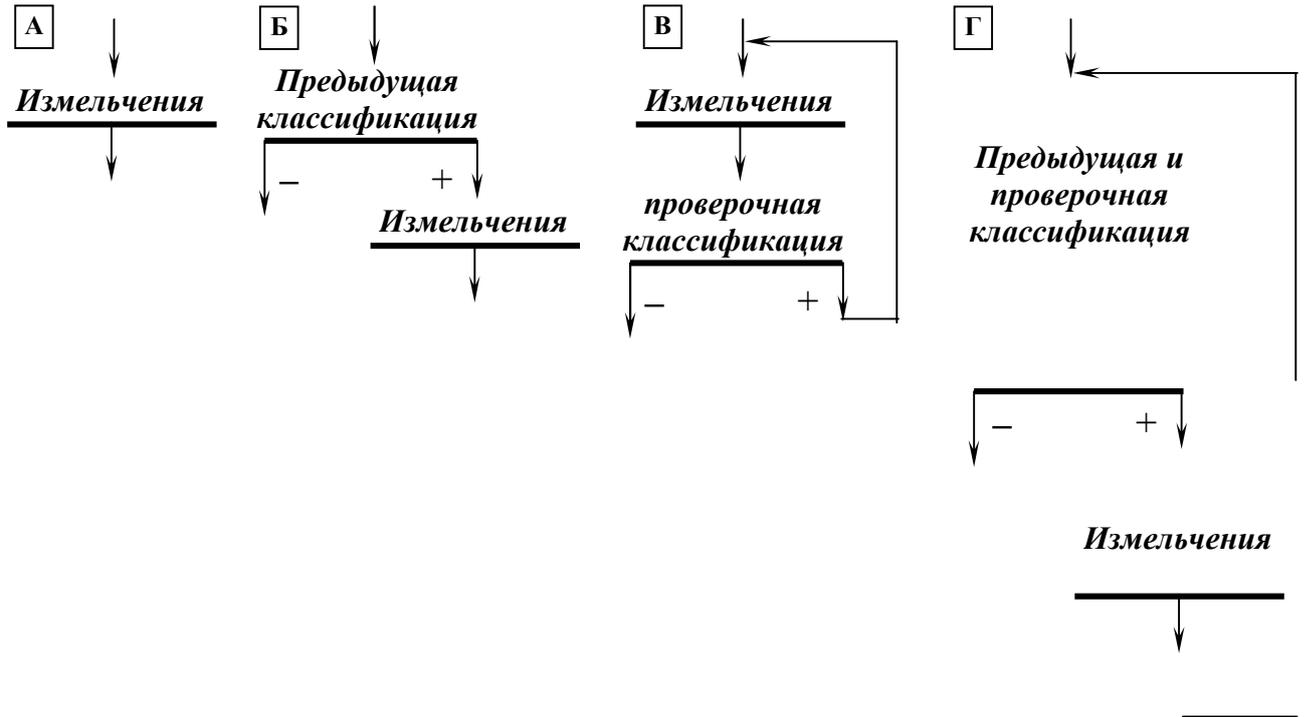
#### СХЕМЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В СТЕРЖНЕВОЙ И ШАРОВАЯ МЕЛЬНИЦА

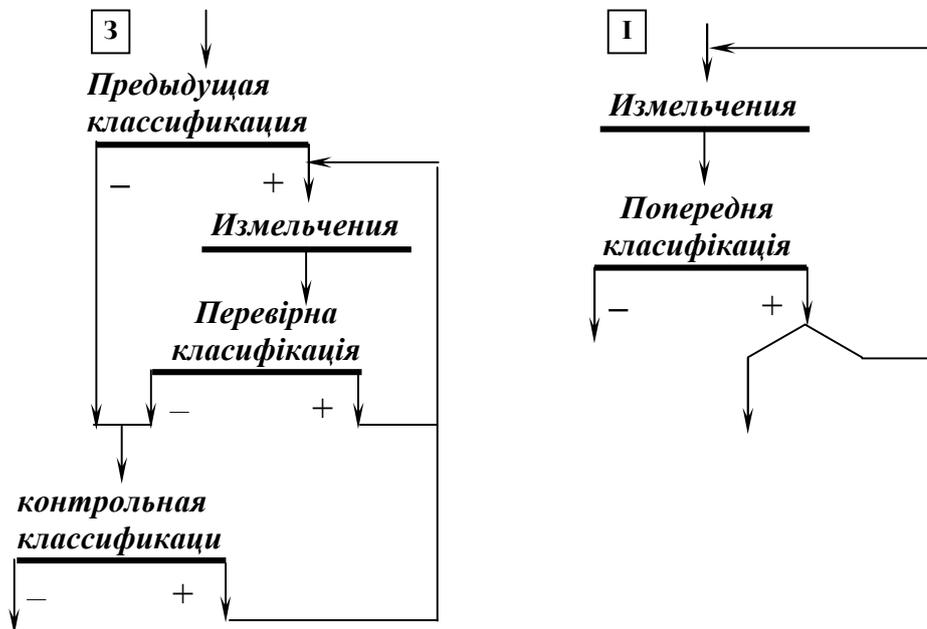
*Классификация схем измельчения осуществляется по следующим признакам:*

- число стадий измельчения в схеме (одно-, двух- и многоступенчатые);
- вид цикла измельчения в первой стадии (открытый, вполне замкнутый, частично замкнутый)
- место загрузки исходного материала (в мельница или в классификатор)
- наличие или отсутствие объединенных операций предварительной и поверочной классификации;
- наличие или отсутствие операций контрольной классификации.

*Схемы измельчения, подобно схемам дробления, состоят из отдельных стадий, включающих операцию измельчения и сопутствующие ей операции классификации.*

*В зависимости от требуемой крупности измельчения различают: крупный измельчения, что позволяет получить измельченный продукт, содержащий 50 - 60% класса - 0,074 мм, среднее измельчения - 60-85% класса - 0,074 мм и тонкое измельчение - более 85% класса - 0,074 мм.*





### Одностадийные схемы измельчения.

*Одностадийные схемы измельчения используют:*

- *схемы А, Б и Ж - в многостадийных схемах измельчения;*
- *схемы В и Е - при крупности исходной руды более 10 мм и небольшом содержании шламов;*

- схемы Г, Д, Ж и С - при мелкой руды, содержащей не менее 15% готового по крупности продукта.

Двухстадийные схемы измельчения подразделяют на три группы в зависимости от вида цикла измельчения на первой стадии.

Первая группа - двухстадийные схемы с открытым циклом в первой стадии измельчения - АВ, АГ, АД, АЖ, АЗ.

Вторая группа - двухстадийные схемы с полностью замкнутым циклом измельчения в первой стадии - ВВ, ВГ, ВД, ВЖ, ВЗ

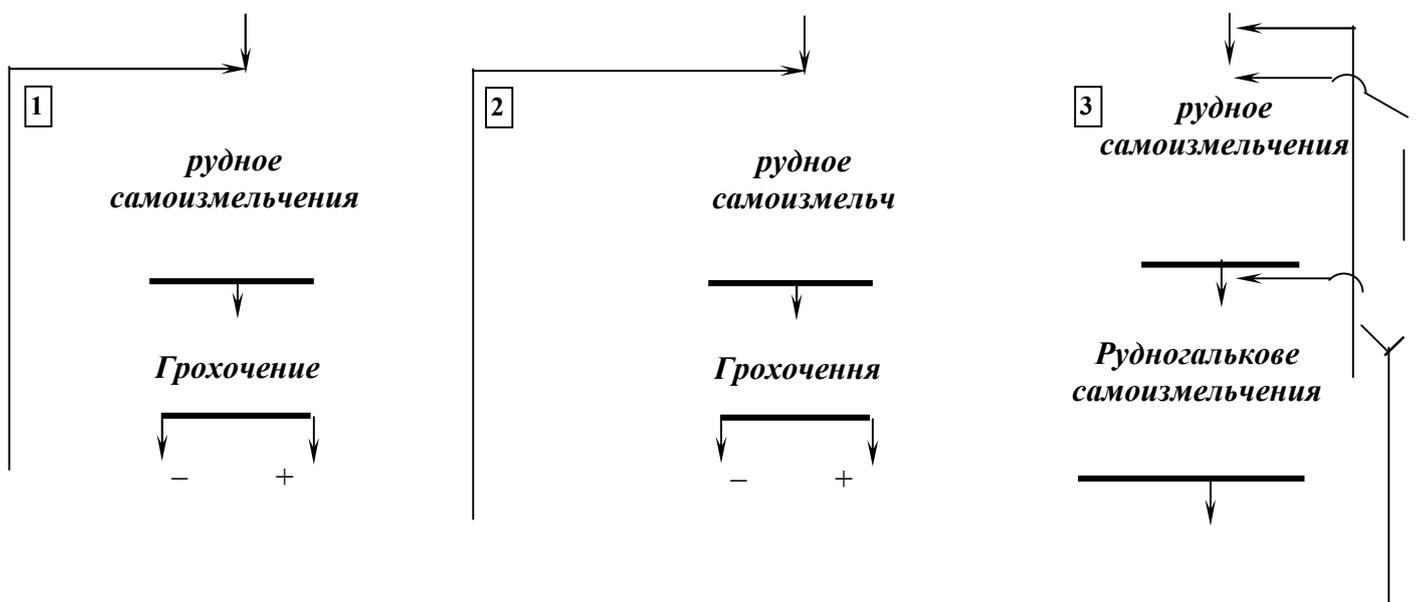
Третья группа - двухстадийные схемы с частично замкнутым циклом измельчения в первой стадии - ИС, ИЭ.

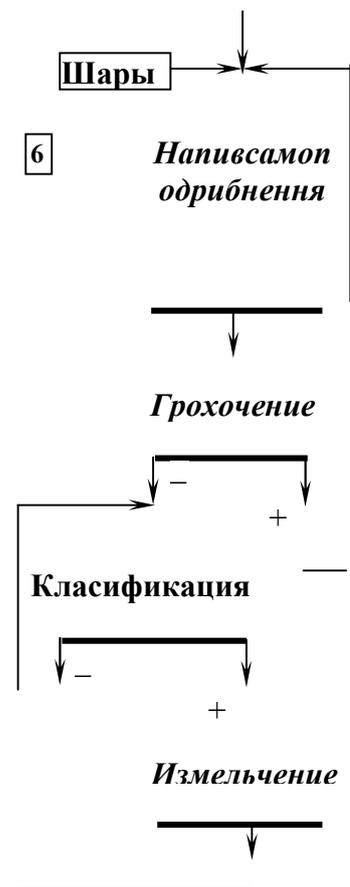
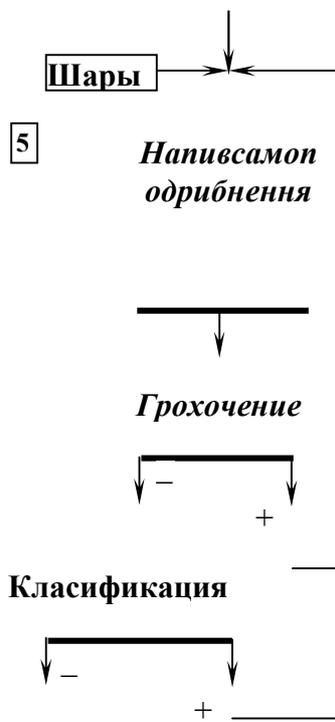
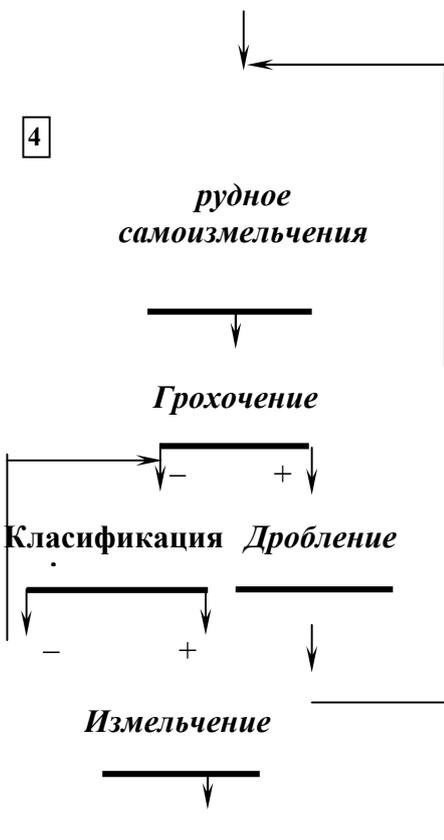
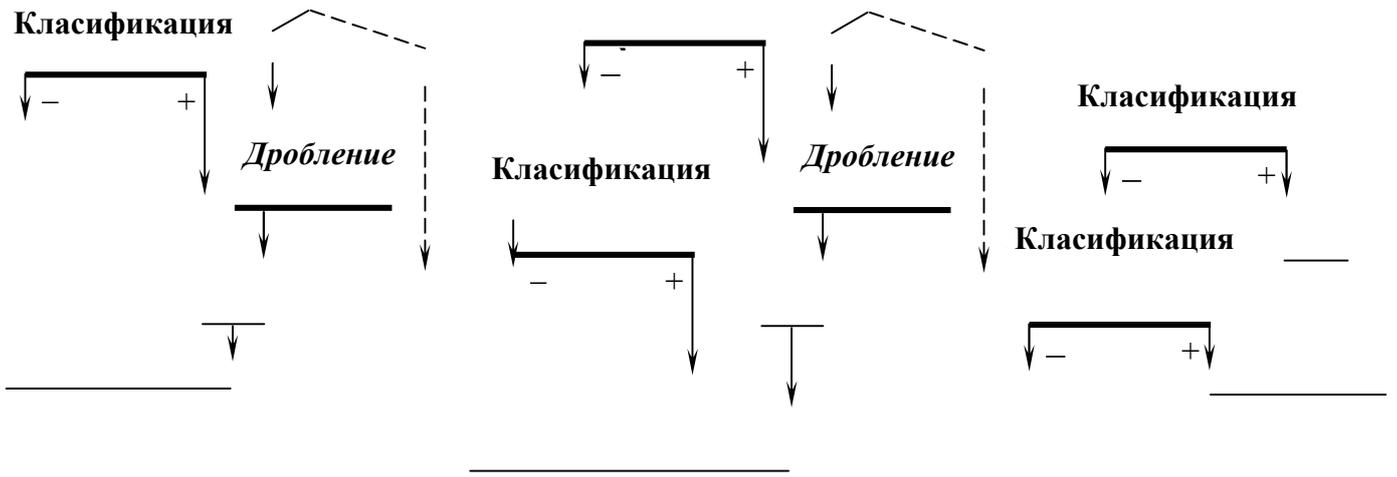
Многоступенчатые схемы измельчения АГГ и АГД применяют редко.

## СХЕМЫ РУДНОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Схемы само- и напивсамоподробнения используются на фабриках большой и очень большой производительности в случае получения технологических преимуществ при замене стального измельчающего среды рудным или в случаях, когда физические свойства руды (влажность, глинястость) не позволяют ее мелко дробить.

Крупность исходного материала, поступающего в схему само- и напивсамоподробнения, составляет 250 - 350 мм, иногда до 500 мм.





Схемы само- и напівсамоп одрибнення.

Схемы 1 и 5 применяют при многостадийном рудном само- и напівсамоп одрибненні твердых руд. Крупность измельчения в первой стадии - 50 - 60% класса -0,074 мм.

*При напивсамоподрибненни в мельницу добавляют стальные шары диаметром 125 - 150 мм в количестве 5 - 10% от объема мельницы.*

*Схему 2 применяют при многостадийном рудном самоизмельчения крепких и вязких руд. Крупность измельчения в первой стадии - до 60 - 85% класса - 0,074 мм.*

*Схему 3 используют при многостадийном полном рудном самоизмельчения до конечной крупности менее 85% класса - 0,074 мм.*

*Схемы 4 и 6 применяют для двухстадийного измельчения до конечной крупности - 60-85% класса - 0,074 мм.*

## ВЫБОР СХЕМЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Схема измельчения обогатительной фабрики выбирается обычно после проведения опытно-промышленных испытаний подрибнюваности полезного ископаемого. Выбор схемы измельчения проектируемой фабрики осуществляется в зависимости от физических свойств полезного ископаемого, крупности начального и конечного продуктов измельчения, производительности фабрики, необходимости отдельной обработки песков и шламов, необходимости стадийного обогащения.

Одностадийные схемы измельчения без контрольной классификации слива применяют только в одностадийных схемах обогащения, при малой производительности фабрики и небольшой степени измельчения.

Двухстадийные схемы измельчения с открытым циклом в первой стадии при использовании в ней стержневых мельниц может эффективно применяться только на фабриках большой производительности и при повышенной крупности начального и конечного продуктов.

Двухстадийные схемы измельчения с вполне замкнутым циклом в первой стадии при использовании в ней шаровых мельниц применяют при необходимости тонкого помола руды или в двухстадийном схемах обогащения.

Двухстадийные схемы измельчения с частично замкнутым циклом в первой стадии применяют во избежание возможности накопления полезных компонентов в циклах измельчения.

Многоступенчатые схемы измельчения применяют в многостадийных схемах обогащения.

Конкурентоспособные варианты рудоподготовки: будут следующие:

- рыхлая дробится до 10 - 15 мм и измельчается за одну стадию в больших шаровых мельницах, работающих в замкнутом цикле с гидроциклонами;

- рыхлая дробится до 20 мм и поступает на двухстадийное измельчения по схемам АГ или АЕ (первая стадия - в стержневых мельницах, а вторая - в шаровых, работающих в совершенно замкнутом цикле с гидроциклонами)

- рыхлая дробится до 300 мм и направляется на рудное само или напивсамоподробнения.

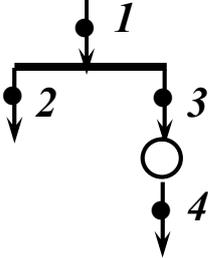
## РАСЧЕТ СХЕМЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Крупность продуктов измельчения оценивают по их гранулометрическому составом. Продукты характеризуют условным максимальной крупностью  $d_n$  и содержанием расчетного класса крупности  $\beta$ . За расчетный чаще всего принимают класс крупностью - 0,074 мм (95% этого класса соответствуют крупности  $d_n = 0,074$  мм).

Для характеристики тонких продуктов расчетными классами могут быть 0,040 и 0,020 мм, а для характеристики грубых продуктов - классы 0,20 и 0,15 мм.

Расчет масс продуктов схемы измельчения выполняется постадийно с учетом особенностей выбранного варианта стадии и гранулометрического состава продуктов измельчения.

### Формулы для расчета схем измельчения

Схема	Исходные данные	Расчетные формулы
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">А</div> 	$Q_1, \beta_1, \beta_2$	$Q_1 = Q_2$
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Б</div> 	$Q_1, \beta_1, \beta_2,$ $\beta_3, \beta_2$	$Q_3 = Q_1(\beta_2 - \beta_1)/(\beta_2 - \beta_3)$ $Q_2 = Q_1 - Q_3$ $Q_4 = Q_3$

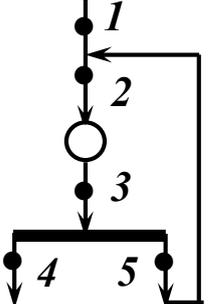
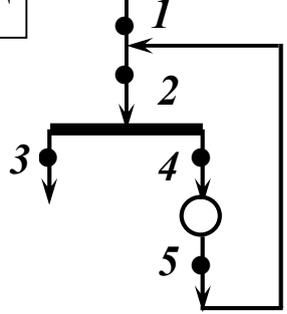
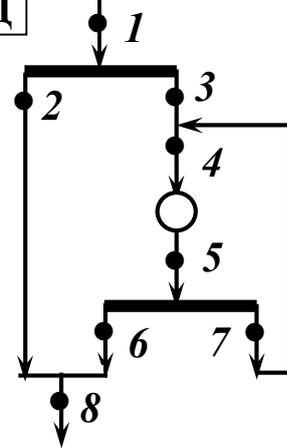
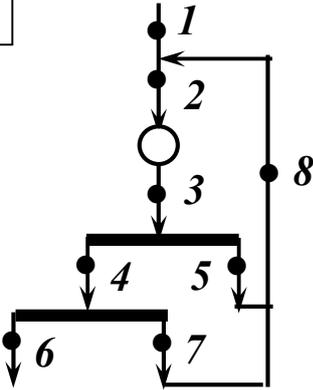
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">В</div> 	$Q_1, \beta_1, \beta_3,$ $\beta_4, \beta_5$	$Q_4 = Q_1$ $Q_5 = Q_1(\beta_3 - \beta_5)/(\beta_4 - \beta_3)$ $Q_3 = Q_4 + Q_5$ $Q_2 = Q_3$ $\beta_2 = (Q_1\beta_1 + Q_5\beta_5)/Q_2$
--	--	--

Схема	Исходные данные	Расчетные формулы
<p><b>Г</b></p> 	$Q_1, \beta_1, \beta_3,$ $\beta_4, \beta_5$	$Q_3 = Q_1$ $Q_4 = Q_1(\beta_3 - \beta_1)/(\beta_5 - \beta_4)$ $Q_5 = Q_4$ $Q_2 = Q_1 + Q_5$ $\beta_2 = (Q_1\beta_1 + Q_5\beta_5)/Q_2$
<p><b>Д</b></p> 	$Q_1, \beta_1, \beta_2,$ $\beta_3, \beta_5, \beta_6,$ $\beta_7$	$Q_8 = Q_1$ $Q_3 = Q_1(\beta_2 - \beta_1)/(\beta_2 - \beta_3)$ $Q_2 = Q_1 - Q_3$ $Q_6 = Q_1 - Q_2$ $Q_7 = Q_6(\beta_5 - \beta_7)/(\beta_6 - \beta_5)$ $Q_4 = Q_5 = Q_6 + Q_7$ $\beta_4 = (Q_3\beta_3 + Q_7\beta_7)/Q_4$ $\beta_8 = (Q_2\beta_2 + Q_6\beta_6)/Q_8$

E



$Q_1, \beta_1, \beta_3,$   
 $\beta_4, \beta_5, \beta_6,$   
 $\beta_7$

$$Q_6 = Q_1$$

$$Q_7 = Q_1(\beta_6 - \beta_4)/(\beta_4 - \beta_7)$$

$$Q_4 = Q_6 + Q_7$$

$$Q_5 = Q_4(\beta_4 - \beta_3)/(\beta_3 - \beta_5)$$

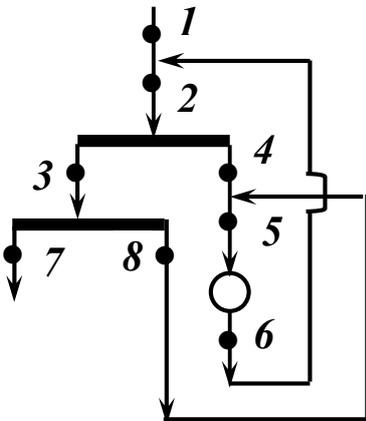
$$Q_8 = Q_5 + Q_7$$

$$Q_2 = Q_3 = Q_1 + Q_8$$

$$\beta_8 = (Q_5\beta_5 + Q_7\beta_7)/Q_8$$

$$\beta_2 = (Q_1\beta_1 + Q_8\beta_8)/Q_2$$

Ж



$Q_1, \beta_1, \beta_3,$   
 $\beta_4, \beta_6, \beta_7,$   
 $\beta_8$

$$Q_7 = Q_1$$

$$Q_8 = Q_1(\beta_3 - \beta_8)/(\beta_7 - \beta_3)$$

$$Q_3 = Q_7 + Q_8$$

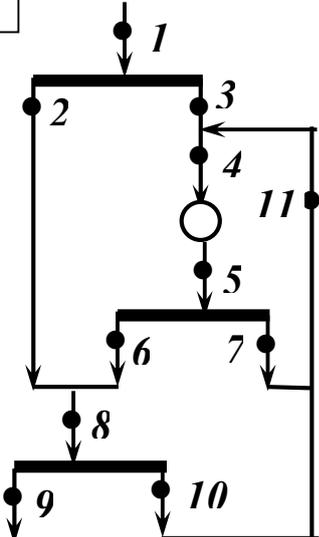
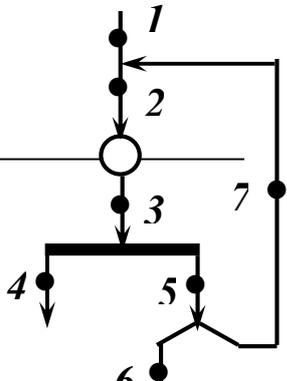
$$Q_4 = \frac{Q_1(\beta_6 - \beta_1) + Q_3(\beta_3 - \beta_6)}{(\beta_6 - \beta_4)}$$

$$Q_2 = Q_3 + Q_4$$

$$Q_5 = Q_6 = Q_4 + Q_8$$

$$\beta_2 = (Q_1\beta_1 + Q_6\beta_6)/Q_2$$

$$\beta_5 = (Q_4\beta_4 + Q_8\beta_8)/Q_5$$

Схема	Исходные данные	Расчетные формулы
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 20px; float: left; margin-right: 5px;">3</div> 	$Q_1, \beta_1,$ $\beta_2 = \beta_6 = \beta_8,$ $\beta_3, \beta_5, \beta_7,$ $\beta_9, \beta_{10}$	$Q_3 = Q_1(\beta_2 - \beta_1)/(\beta_2 - \beta_3)$ $Q_2 = Q_1 - Q_3$ $Q_{10} = Q_1(\beta_9 - \beta_8)/(\beta_8 - \beta_{10})$ $Q_8 = Q_9 + Q_{10}$ $Q_6 = Q_8 - Q_2$ $Q_7 = Q_6(\beta_6 - \beta_5)/(\beta_5 - \beta_7)$ $Q_4 = Q_5 = Q_6 + Q_7$ $Q_{11} = Q_7 + Q_{10}$ $\beta_{11} = (Q_7\beta_7 + Q_{10}\beta_{10})/Q_{11}$ $\beta_4 = (Q_3\beta_3 + Q_{11}\beta_{11})/Q_4$
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 20px; float: left; margin-right: 5px;">I</div> 	$Q_1,$ $n = Q_6/Q_5,$ $\beta_1, \beta_3, \beta_4,$ $\beta_5 = \beta_6 = \beta_7$	$Q_5 = Q_1(\beta_4 - \beta_5)/[n(\beta_4 - \beta_1)]$ $Q_6 = n Q_5$ $Q_7 = Q_5 - Q_6$ $Q_2 = Q_3 = Q_1 + Q_7$ $Q_4 = Q_1 - Q_6$ $\beta_2 = (Q_1\beta_1 + Q_7\beta_7)/Q_2$

Литература к разделу 3: [1] с. 81 – 118, [2] с. 41 – 50.

## 4 ВЫБОР И РАСЧЕТ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

### 4.1 КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЯ

### Промышленная классификация

Промышленная классификация предусматривает распределение угля на марки и группы в зависимости от их физико-химических свойств и возможности использования для технологических и энергетических целей.

Классификационные параметры: выход летучих веществ на беззольную массу  $V_{daf}$  (%), толщина пластического слоя  $Y$  (мм), показатель спекания  $Ro_g$  (RI), удельная теплота сгорания  $Q_{sdaf}$  (кДж / кг) и для бурого угля - влага общая  $W_{rt}$  (%).

По Стандарту Украины "Уголь бурый, каменный и антрацит" (ДСТУ 3472-96) в зависимости от значений среднего показателя отражения витринита  $Ro$ , выхода летучих веществ  $V_{daf}$ , теплоты сгорания на сухой беззольное  $Q_{sdaf}$  или влажный беззольное  $Q_{saf}$  состояние и спекания, которая оценивается толщиной пластического слоя "Y" и индексом  $Ro_g$  RI, угля Украина делится на марки Б, Д, ДГ, Г, Ж, К, ПС, П, А

### Классификация по крупности

Основная масса угля, используемого в коксохимическом производстве, отгружается потребителям в рассортированной виде. Энергетический уголь и антрациты, наряду с другими показателями, характеризуются еще и крупностью: П, К, Г, Д, С, Ш, Р. Допускаются соединены классы ПК, КГ, ГД, ДС, СШ, ДСШ, ГДСШ.

### Международная классификация

Международная классификация угля была принята в 1954 Комитетом по углю Европейской экономической комиссии ООН. Согласно этой классификации угля с высокой теплотой сгорания влажной беззольной массы к 23826 кДж / кг относятся к бурого, а уголь с большей теплотой сгорания - до каменного и антрацита. Эта классификация охватывала уголь каменный и антрациты и выполнялась по: выходом летучих веществ на сухое беззольную массу  $V^{daf}$ , теплотой сгорания  $Q_s^{daf}$ , спекаемостью и коксуемостью угля. В 1988 г.. Указана классификация была отменена. Европейская экономическая комиссия ООН

утвердила новую систему международной кодификации угля среднего и высокого рангов, то есть каменного угля и антрацита. По этой классификации к бурого относят угля с высокой теплотой сгорания влажной беззольной массы до 24000 кДж / кг. Набор основных признаков, по которым должно характеризоваться угля, приведены в таблице: средний показатель отражения витринита  $R_o$ , характеристика рефлектограмм, мацеральный состав (содержание инертиниту И, содержание липтиниту L), индекс свободного вспучивания SI, выход летучих веществ на сухое беззольное топливо  $V^{daf}$ , зольность на сухую массу  $A^d$ , содержание серы на сухую массу  $S_t^d$ , высшая теплота сгорания на сухое беззольную массу  $Q_b^{daf}$ .

#### Классификация по Обогащаемости

Оценку обогащаемости угля и классификация его по этому признаку делают по ГОСТ 10100-84. Согласно этому стандарту показатель обогащаемости Т определяется как отношение суммарного выхода промежуточных фракций к выходу беспородной массы:

$$T = 100\gamma_{np}/(100 - \gamma_n), \%$$

В зависимости от значения показателя обогащаемости угля и антрациты подразделяются на категории обогащаемости от легкой до очень трудной.

#### Классификация угля по Обогащаемости

Степень обогащаемости	Категория обогащаемости	Показатель обогащаемости, %
Легкий	1	До 5 вкл.
Средний	2	Больше 5 до 10 вкл.

Тяжелый	3	Больше 10 до 15 вкл.
Очень тяжелый	4	Больше 15

## 4.2 УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СХЕМЫ И ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Выбор технологической схемы обогащения угля и процессов, которые ее реализуют, определяется многими факторами:

Назначение угля определяется его свойствами, в зависимости от которых оно может использоваться для коксования и полукоксования, энергетических и коммунально-бытовых целей, газификации и гидрогенизации, при производстве извести, кирпича и цемента и тому подобное.

Минералогический состав, характеристика вкрапления минеральных примесей в угле влияет на выбор числа стадий обогащения.

Если разделительные свойства минералов - близкие, выполняют исследования их физических свойств. С учетом физических свойств рассматривается вопрос о выборе схемы и метода обогащения.

Гранулометрический состав угля и зольность отдельных его классов влияют на выбор процесса и глубины обогащения.

Фракционный состав представляет собой количественную оценку разделение свободных минеральных зерен и сростков по фракциям различной плотности и крупности. Для оценки обогатимости угля по данным фракционного анализа строят кривые обогатимости. По кривым обогатимости определяют теоретические показатели обогащения угля, плотность разделения, возможность шихтовки разного угля.

Переход от теоретических показателей к практическим может быть сделан на основе свойственной всем гравитационным методам закономерности извлечения фракций различной плотности в продукты обогащения. Эффективность работы машин гравитационного обогащения определяют с использованием критериев разделения

Тромпа: среднего вероятного отклонения  $E_{pm}$  и коэффициента погрешности разделения  $I$ .

Влажность угля определяет возможность выделения из него шламов и разделение его на машинные классы сухим или мокрым способом, а также возможность применения пневматических процессов обогащения.

Глубина обогащения выбирается следующим образом:

- коксующийся уголь с высоким выходом и зольностью класса 0,5 мм перерабатывают по схемам с глубиной обогащения 0 мм;
- коксующийся уголь с низким выходом и зольностью класса 0,5 мм перерабатывают по схемам с глубиной обогащения 0,5 мм;
- глубина обогащения энергетических углей составляет 6, 13, иногда 25 мм, она зависит от расстояния перевоза угля и мощности котельных установок.
- энергетический уголь гидродобычи перерабатывают по схемам с глубиной обогащения 0,5 мм, иногда 0 мм.

По нормам технологического проектирования рекомендуется в проектах обогатительных фабрик принимать глубину обогащения угля 0 мм.

#### 4.3 СХЕМЫ УГЛЕПОДГОТОВКА

В отделении вуглеприёму горная масса, поступающая на обогатительную фабрику, подвергается сухому предыдущем грохочения и дроблению.

Для механизации процесса удаления из горной массы крупногрудковой породы и посторонних предметов, не дробятся, на обогатительных фабриках и шахтах применяют выборочное дробление (схема а).

При наличии в горной массе кусков крупностью до 500 мм, которые перед обогащением стоит выделить и направить на дробление, рекомендуется использовать схему бы, состоящий из операций грохочения (на ГЦЛ) и дробления (в ДДУ).





По глубине обогащения можно выделить следующие технологические схемы:

- обогащения только крупных классов размером более 25 (13) мм с раздельным или общим отгрузкой продуктов обогащения и необогащенных отсевов;
- обогащения крупных и средних классов размером более 6 (3) мм с общим или раздельным отгрузкой продуктов обогащения и необогащенных отсевов;
- обогащения зернистого угля крупностью более 0,5 мм с общим отгрузкой продуктов обогащения и необогащенных шламов;
- обогащение всех классов крупности.

В зависимости от принятой глубины обогащения подготовительное грохочения может быть сухим или мокрым. Если отсев отгружается потребителям в необогащенном виде, подготовительное грохочения - сухое, но перед операциями обогащения крупных и средних классов следует предусмотреть их обесшламливание. Если глубина обогащения 0 мм, подготовительное грохочения - мокрое.

По качеству концентрата и ассортиментом продуктов обогащения технологические схемы различают:

- по выпуску одного товарного продукта;
- по выпуску одного товарного продукта и разделением его на сорта по классам крупности;
- по выпуску двух товарных продуктов (концентрата и промпродукта);
- по выпуску двух товарных продуктов и разделением одного из них на сорта по классам крупности.

Крупные классы угля обогащаются с использованием, в основном, процессов тяжелосредней сепарации и отводки.

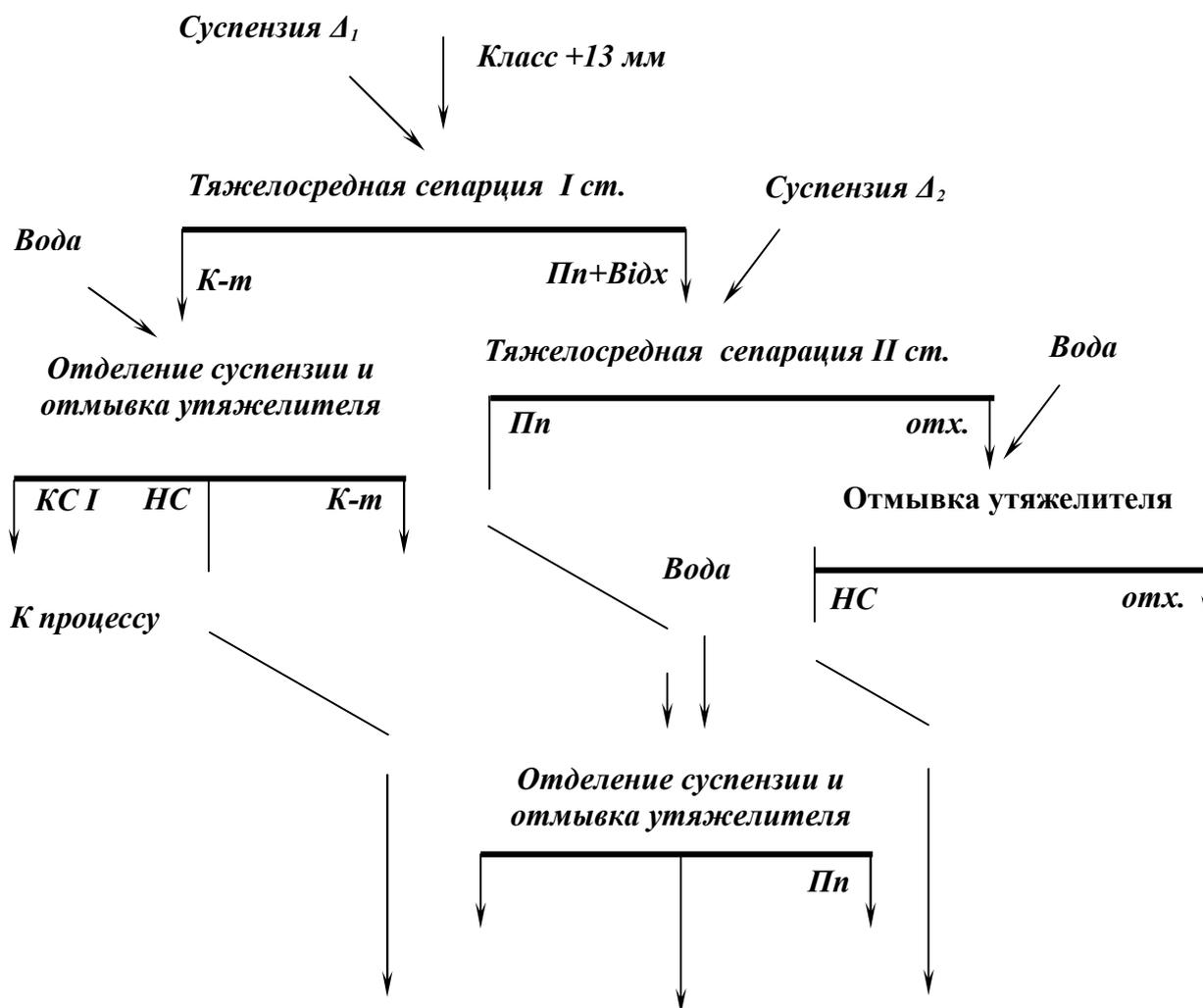
*Тяжелосредней сепарация используется для обогащения крупных классов угля и антрацитов очень тяжелой, тяжелой и средней обогатимости, всех категорий обогатимости при содержании класса +13 мм в горной массе более*

20%, а также для угля легкой обогатимости при содержании породных фракций более 30%.

Технологические схемы обогащения крупных машинных классов в магнетитовых суспензии разделяют по числу стадий обогащения, числом конечных продуктов и назначению.

Схема обогащения за одну стадию с выделением двух конечных продуктов (концентрата и отходов) предназначена для механизированной отделения породы на шахтных установках, обогащения энергетических углей и антрацитов, а также для обогащения коксующегося угля легкой обогатимости.

Схема обогащения за две стадии с выделением трех конечных продуктов (концентрата, промпродукта и отходов) применяется для коксующегося угля средней и тяжелой обогатимости. Основной и наиболее экономичный вариант - выделение в первой стадии сепарации концентрата (см. Схему) выделение в первой стадии отходов применяется при их высоком выходе (более 50%) и наличии пород размокающими в жидкости.

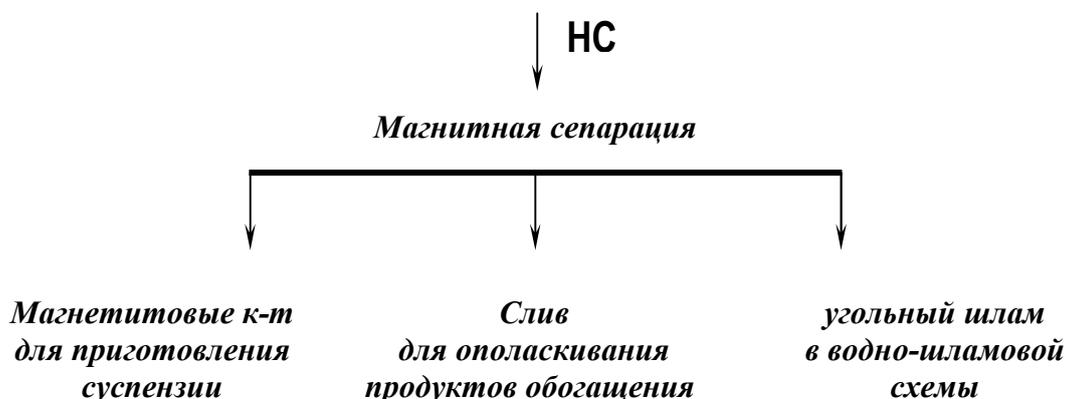


**КС II НС****К процессу***На регенерацию*

Схема обогащения крупных классов угля за две стадии с выделением трех продуктов при  $\Delta_1 < \Delta_2$

Технологические схемы с выделением в первой стадии сепарации концентрата и выделением в первой стадии сепарации отходов аналогичные, но при применении второй схемы (выделение в первой стадии отходов) между первой и второй стадиями сепарации необходимо предусмотреть операцию отделения суспензии большей плотности от смеси концентрата и промпродукта, которые направляются во вторую стадию, где они разделяются в суспензии меньшей плотности.

*Регенерация некондиционной суспензии в схемах тяжелосредной сепарации осуществляется в основном за одностадийной схеме.*



**Одностадийная схема магнитной регенерации некондиционной магнетитовой суспензии**

*Отводками применяется для обогащения крупных классов угля легкой обогатимости при содержании породных фракций менее 30%. Для добываемого угля гидроспособом, а также угля легкой обогатимости с*

содержанием класса  $+13$  мм менее 20% следует применять ширококлассификовану отсадку.

При раздельном обогащении крупных и мелких классов угля отводками оно разделяется на грохотах и направляется в отсадочные машины, в которых разделяется на три продукта (концентрат, промпродукт и отходы). Промпродукт, получаемый в результате обогащения крупного класса, дробится до 13 мм и направляется на обогащение вместе с мелким машинным классом.

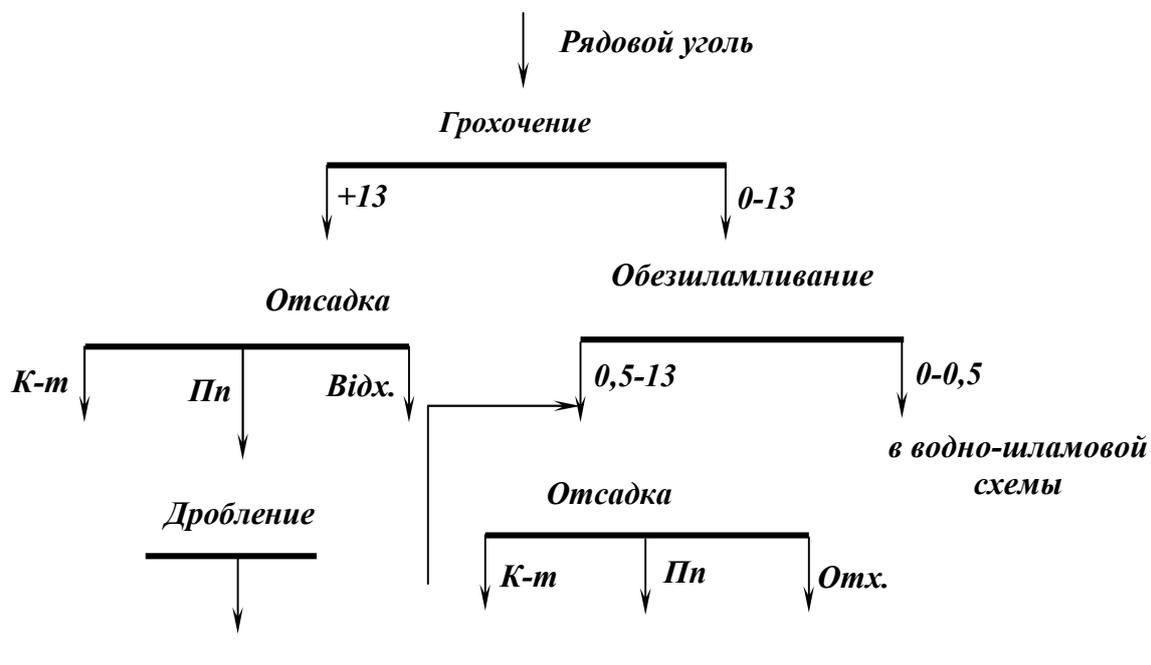
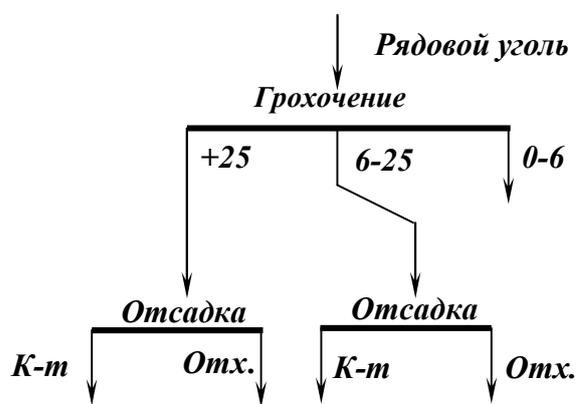


Схема раздельного обогащения крупных и мелких классов

На фабриках, которые обогащают энергетический уголь и где выделение промпродукта не предвидится, отходы выделяются в обеих секциях отсадочной машины. Иногда тяжелый продукт второй секции направляют в виде циркулирующего продукта в ту же машину.



### Схема Обогащения энергетических углей.

Иногда при применении тяжелосредней сепарации с целью породовибирки получаемый в этом случае легкий продукт после дробления до 13 мм обогащается вместе с мелким машинным классом отсадкой.

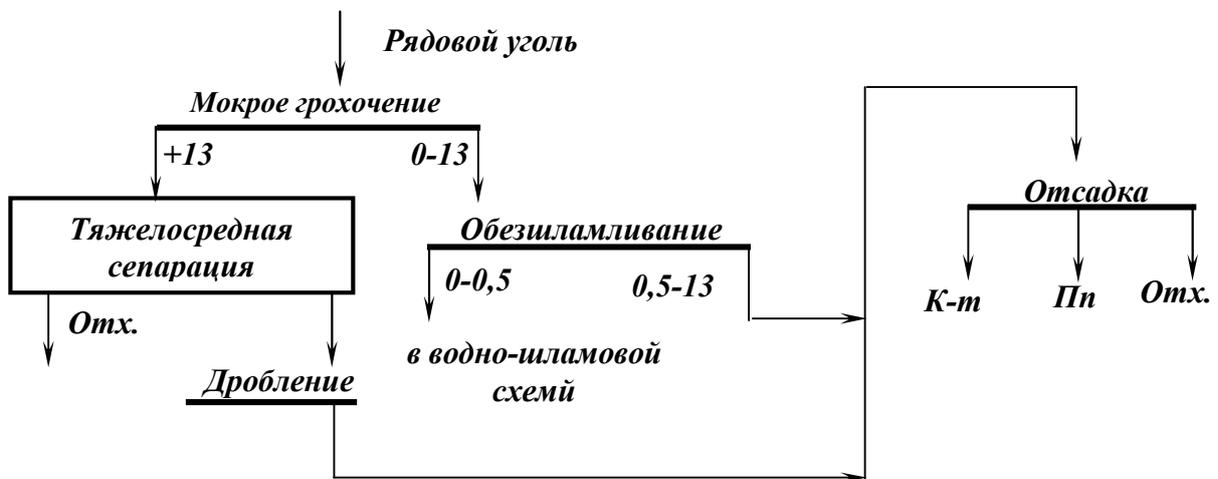


Схема общего обогащения отсадкой мелкого класса и дробление продукта тяжелосредней сепарации после отделения породы.

Противоточная сепарация применяется для обогащения энергетических углей, антрацитов, обедненной (розубоженной) горной массы открытых разработок, удаления породы с горной массы на шахтах и разрезах.

Схема механизированной породовыборки включает предварительное грохочение горной массы по крупности 100 мм, дробление надрешетного продукта, отсев мелкого класса 0 - 13 мм и выборку породы из класса 13 - 100 мм в Крутонаклонный сепараторе.

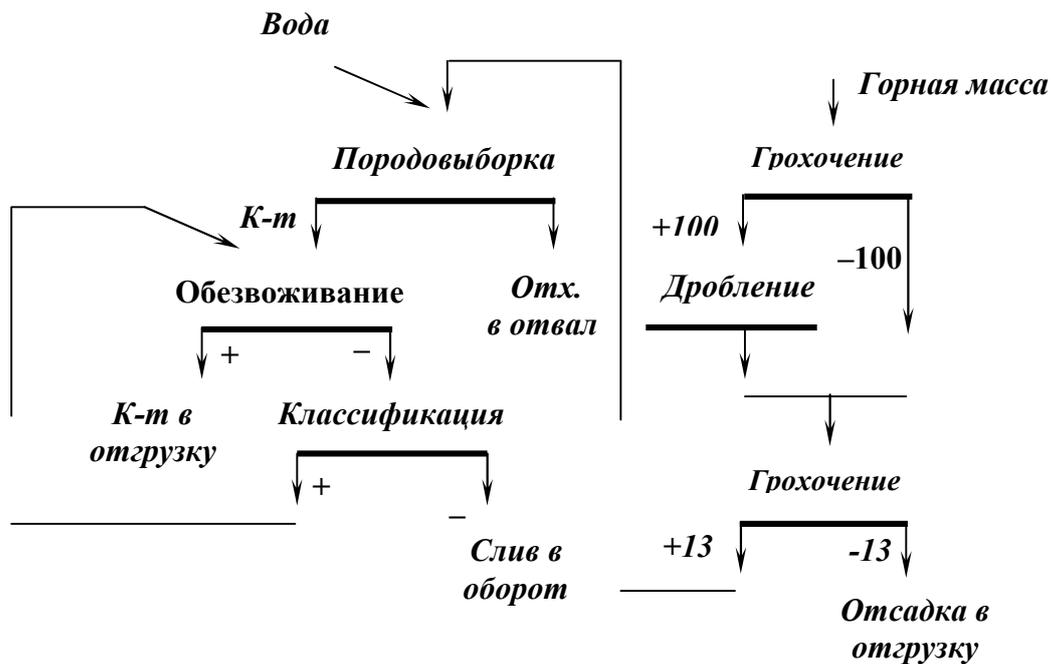
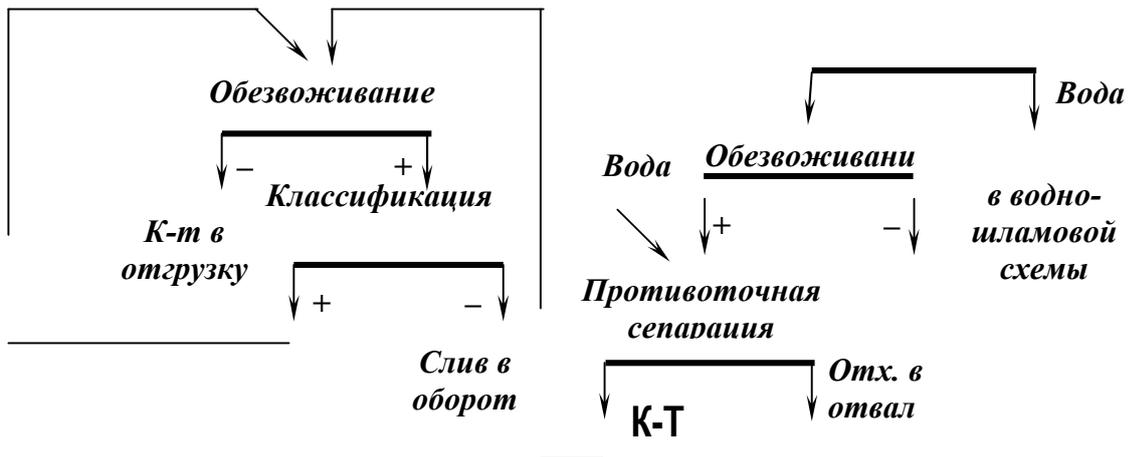


Схема механизированной породовыборки с использованием крутонаклонной сепарации.

Одностадийные технологические схемы с использованием противоточной сепарации применяют при обогащении энергетического (в сепараторах шнековых) и розубоженного (в сепараторах крутонаклонных) угля. В случае переработки розубоженной горной массы, добываемой гидроспособом, в схеме перед операцией обогащения должны быть предусмотрены операции обезвоживания.

↓ *Горная масса  
гидродобыwania*  
↓  
*Отделение воды*



**Одностадийная схема обогащения энергетического и разубоженного (обедненного) угля противоточной сепарацией.**

При большом содержании промежуточных фракций в материале оптимальная производительность сепаратора при требуемом качестве продуктов разделения обеспечивается применением двухстадийного схем противоточной сепарации.

#### 4.5 ВЫБОР СХЕМ ОБОГАЩЕНИЮ МЕЛКОГО КЛАССОВ УГЛЯ

Мелкие классы угля обогащаются с использованием, в основном, процессов отсадки и обогащения в тяжелосредних гидроциклонах.

*Отсадка применяется для обогащения мелких классов угля и антрацитов легкой и средней обогатимости. Допускается применение отсадки для обогащения мелких классов угля и антрацитов тяжелой обогатимости. В зависимости от характеристики исходного угля, требований к качеству конечных продуктов и технико-экономических соображений могут быть применены различные схемы с использованием отводки.*

При обогащении отсадкой применяют ты схемы, рассмотрены в предыдущей лекции.

При обогащении коксующегося угля в классифицированный виде его разделение на классы происходит только в последующих стадиях. Концентрат и промпродукт после отсадки подвергаются грохочения по размеру 13 или 25

мм с целью выделения мелких классов перед их обезвоживанием в фильтрующих центрифугах.

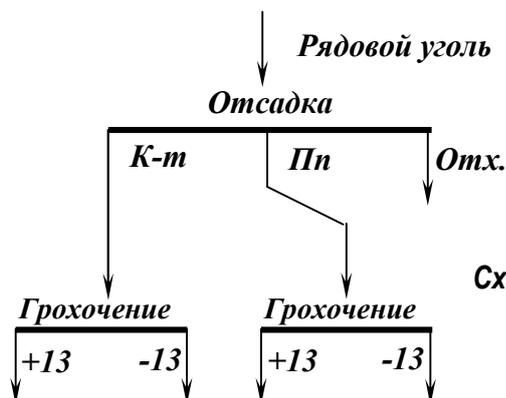


Схема обогащения классифицированного угля.

Обогащение в тяжелосредних гидроциклонах применяется при переработке мелких классов коксующегося угля и антрацита очень тяжелой и тяжелой обогатимости, а при повышенных требованиях к качеству концентрата - средней обогатимости. Тяжелосредней гидроциклоны могут использоваться также для переобогащения промпродукта и крупнозернистого шлама.

Технологические схемы тяжелосредних гидроциклонных комплексов для обогащения мелкого угля так же, как и схемы обогащения крупных классов, отличаются по числу стадий разделения, числом продуктов обогащения и своему назначению. Технологические схемы обогащения в гидроциклонах сложные от схем обогащения в сепараторах, так как требуют создания напоров на входе в аппарат, больших в 3-4 раза расходов суспензии и более сложной системы регенерации суспензии в связи со значительным шламообразованием в гидроциклоне.

Схема обогащения за одну стадию в двухпродуктовом тяжелосредней гидроциклоне с получением двух конечных продуктов (концентрата и отходов) предназначена для обогащения мелкого энергетического угля и антрацита крупностью 0,5-13 (25) мм.

Схема обогащения за одну стадию в трипродуктовом каскадном гидроциклоне с получением трех конечных продуктов (концентрата, промпродукта, отходов) предназначена для обогащения мелкого коксующегося угля крупностью 0,5 - 13 (25) мм, переобогащении промпродукта отводки мелкого машинного класса 0,5 - 13 мм, а также для обогащения коксующегося угля одного машинного класса 0,5 - 40 мм (при сравнительно небольшом выходе класса + 40 мм).

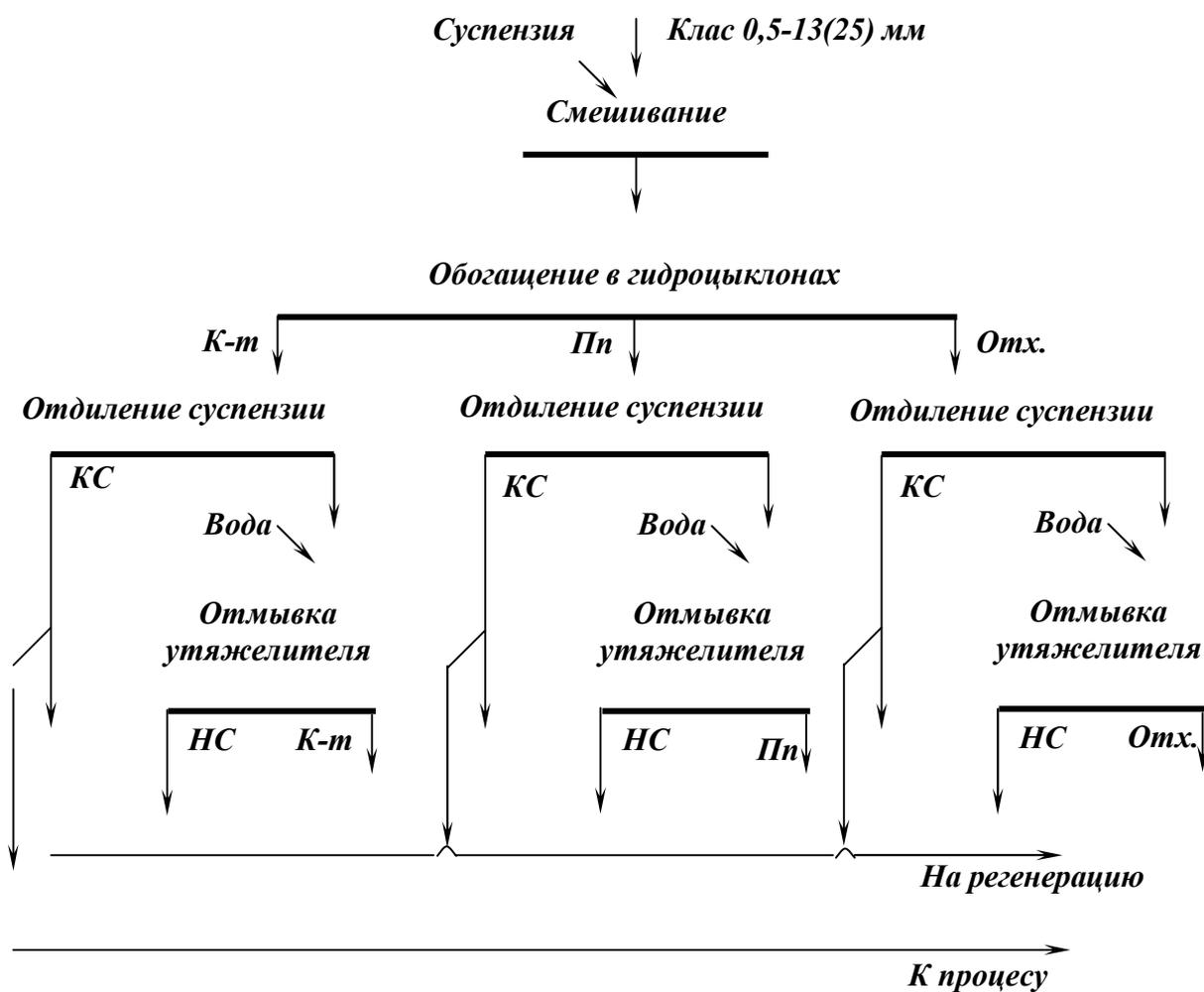
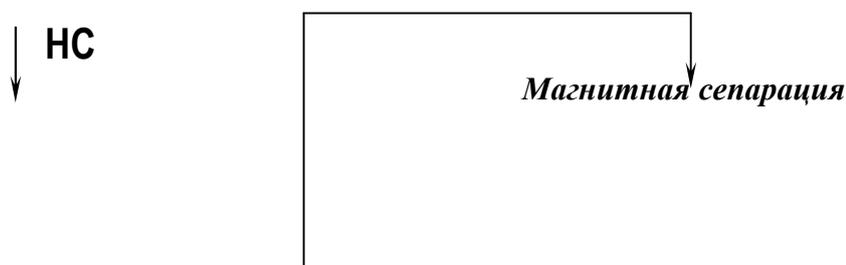
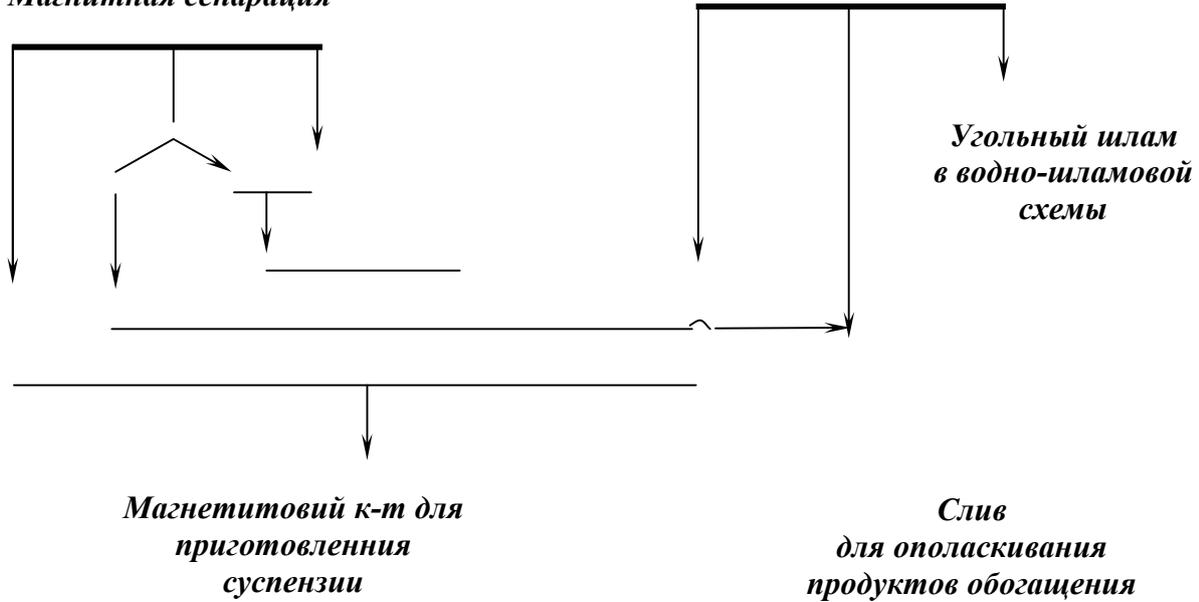


Схема обогащения мелкого угля в одну стадию с выделением трёх продуктов.

Регенерация некондиционной суспензии в схемах обогащения в тяжелосредных гидроциклонах осуществляется в основном за двухстадийного схеме.



**Магнитная сепарация**

**Двухстадийная схема магнитной регенерации некондиционной магнетитовой суспензии.**

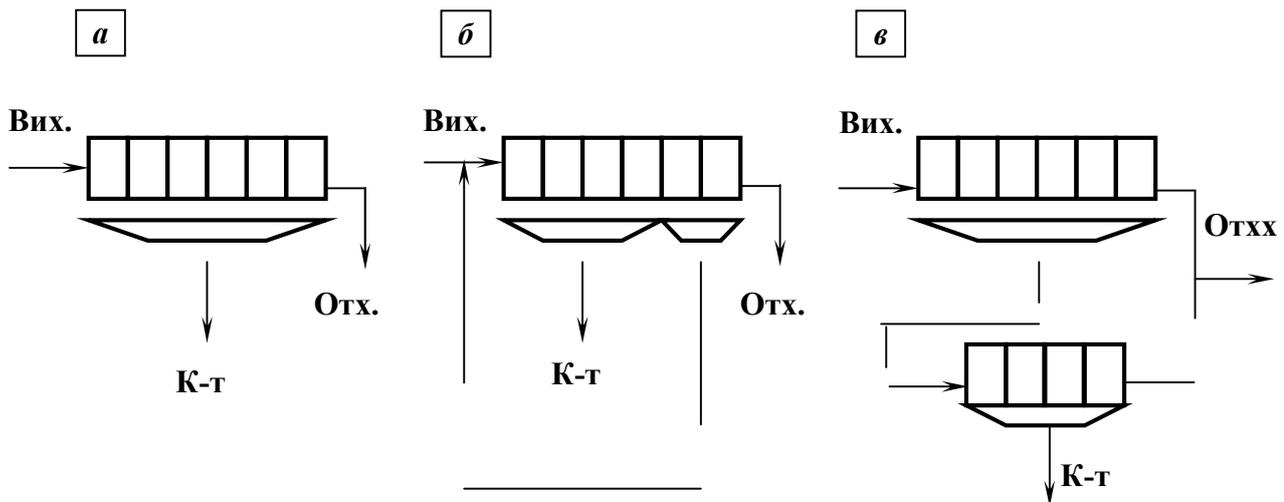
*Пневматические процессы обогащения находят весьма ограниченное применение при обогащении угля, что обусловлено их низкой эффективностью. Некоторое распространение пневматическое обогащение приобрело главным образом при переработке бурого и каменного энергетического угля в районах с суровыми климатическими условиями или ограниченными водными ресурсами.*

#### 4.6 ВЫБОР СХЕМ ОБОГАЩЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

Угольные шламы обогащаются с использованием, в основном, процессов флотации и винтовой сепарации.

*Флотация - это самый эффективный метод обогащения угольных шламов. Схемы флотации, принимаемых определяются маркой обогащаемого угля, его зольностью, содержанием тонких классов и промежуточных фракций, составом неорганической части и особенно наличием глинистых пород, подвергающихся размоканию, требованиями к качеству конечных продуктов и технико-экономическими показателями.*

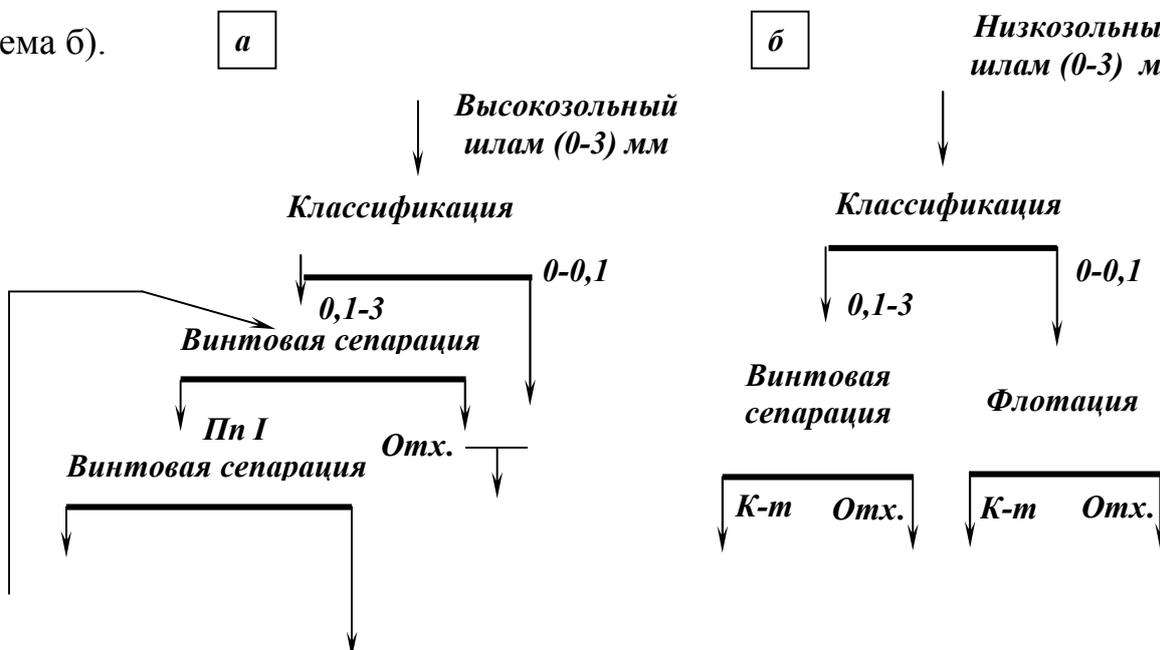
При низкой зольности выходных шламов (не больше 18-20%) и легкой обогатимости рекомендуется простая, так называемая прямая схема (схема а). При флотации шламов более тяжелой обогатимости и большей их зольности применяют различные схемы с перечистки концентрата последних камер в машине основной флотации (схема б). Иногда при особо высокозольных шламах применяют схемы с перечистки всего концентрата основной флотации (схема в).



Схемы флотации угольных шламов, применяется для обогащения угольных шламов и отсевов легкой и средней обогатимости крупностью 0,1 - 3 мм. Питание

винтовых сепараторов желательно знешламлюваты. При содержании в питании более 15 - 20% глинисто-илистого материала предварительное обесшламливание обязательно.

В зависимости от зольности питания винтовая сепарация может применяться как самостоятельно (схема а), так и в сочетании с флотацией (схема б).



*Пп II      На обезвоживание  
и в отвал*

*К-т на      Продукты обогащения на  
обезвоживание      обезвоживания*

Схемы обогащения угольных шламов:

*a* – винтовая сепарация; *b* – винтовая сепарация и флотация.

Обогащение на концентрационных столах находит ограниченное применение в практике при переработке мелких и тонких классов угля и антрацитов с целью получения низкосольных концентратов и главным образом для обессеривания угля, содержащий значительное количество пирита.

Приведенная технологическая схема переработки толка на концентрационных столах, позволяет получить концентраты зольностью 2,5-3,5%.

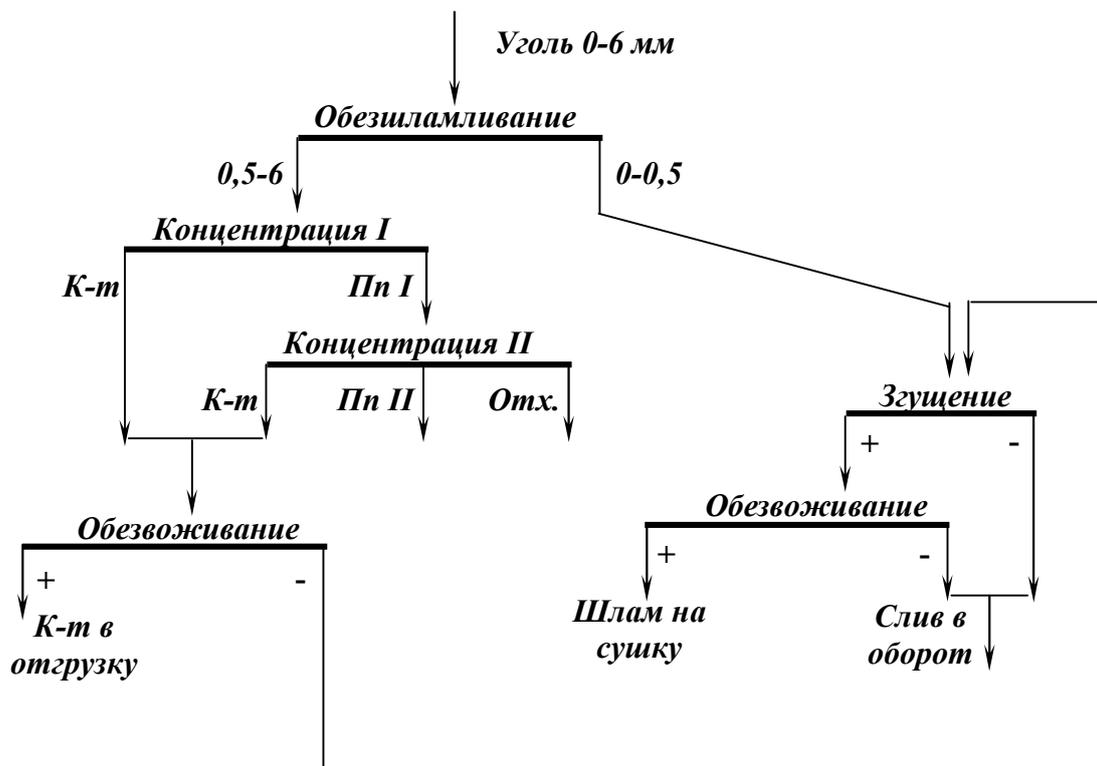


Схема переработки мастей на концентрационных столах.

#### 4.7 РАСЧЕТ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

Целью расчета схемы технологического процесса обогащения является определение количества и качества продуктов, получаемых в отдельных операциях переработки угля. По результатам расчета составляют практический баланс продуктов обогащения и баланс фабрики по воде.

Расчет схем обогащения угля выполняется в следующем порядке:

##### 1. Расчет шихты (ситовый и фракционный состав):

- сумма долей в шихте 
$$\sum_{i=1}^n a_i = 1,$$
- сумма выходов классов 
$$\sum_{i=1}^n a_i \gamma_i = 100\%$$
- зольность класса шихты 
$$A_i^d = (\sum_{i=1}^n a_i \gamma_i A_i^d) / \sum_{i=1}^n \gamma_i$$

##### 2. Теоретический баланс:

- коэффициент обогатимости 
$$T = 100\gamma_{np} / (100 - \gamma_n), \%$$
  - уравнение баланса 
$$\gamma_{вых} = \gamma_k + \gamma_{nn} + \gamma_n$$
- $$\gamma_{вых} A_{вых} = \gamma_k A_k + \gamma_{nn} A_{nn} + \gamma_n A_n$$

##### 3. Выбор и обоснование технологической схемы (глубина обогащения, технологические процессы)

##### 4. Расчет подготовительных операций

- уравнение баланса 
$$\gamma_{живл} = \sum_{i=1}^n \gamma_i$$

$$A_{\text{живл}}^d = \left( \sum_{i=1}^n \gamma_i A_i^d \right) / \sum_{i=1}^n \gamma_i$$

- дополнительное шламообразование  $\gamma_{\text{шл}}^{\text{доп}} = \gamma_{\text{живл}}^{+0,5} \cdot a_{\text{шл}}$
- выход классов « $-d$ » и « $+d$ » в подрешотный продукт

$$\gamma_{\text{подр}}^{-d} = \gamma_{\text{живл}}^{-d} \cdot E$$

$$\gamma_{\text{подр}}^{+d} = \gamma_{\text{живл}}^{+d} (1 - a_{\text{шл}}) b^{+d}$$

### 5. Расчет операций гравитационного обогащения

- расчет  $E_{\text{рт}}$  (сепарация) или назначения  $I$  (отсадка)
- расчет отклонения средней плотности фракции от плотности разделения  $x$  и определения разделительного числа  $\varepsilon$
- дополнительное шламообразование

### 6. Расчет операций обезвоживания продуктов гравитационного отделения (по твердому)

### 7. Практический баланс гравитационного отделения

### 8. Расчет водно-шламовой схемы

- разреженность  $R = W_t^r / (100 - W_t^r)$ ,  $\text{м}^3/\text{т}$
- количество воды в продукте  $W_i = Q_i R_i$ ,  $\text{м}^3$
- количество воды в операции  $W_{\text{опер}} = \sum_{i=1}^n W_i$ ,  $\text{м}^3$
- количество дополнительной воды  $W_{\text{доп}} = W_{\text{опер}} - W_{\text{живл}}$ ,  $\text{м}^3$

### 9. Практический баланс продуктов обогащения (график работы 3Ф - 20 ч / сут и

300 суток / год)

10. Баланс воды по фабрике

11. Практический баланс гравитационного отделения

12. выбор оборудования

Литература к разделу 4: [2] с. 81 – 116, [3] с. 34 – 166.

## ВЫБОР И РАСЧЕТ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

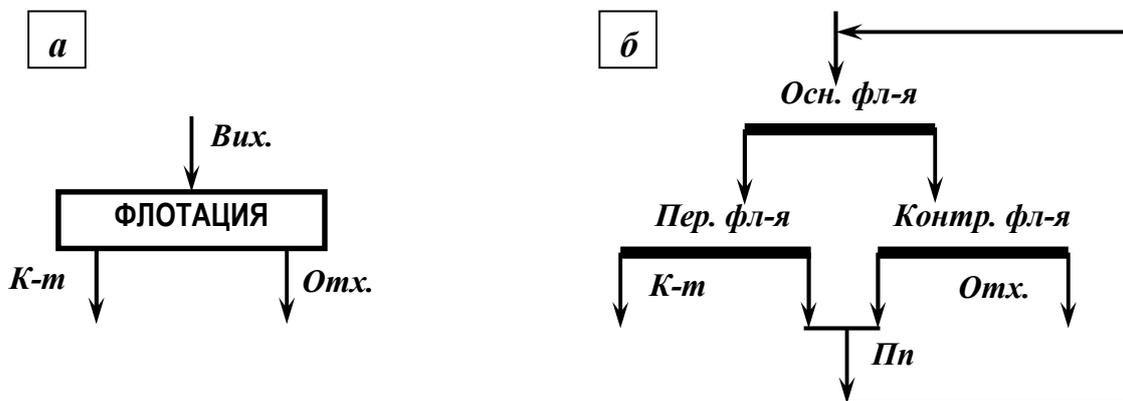
### 5.1 КЛАССИФИКАЦИЯ СХЕМ ОБОГАЩЕНИЯ

Схемы обогащения классифицируют по четырем основным признакам:

- число используемых методов обогащения,
- число используемых в каждом методе процессов,
- число используемых в каждом процессе операций,
- число используемых стадий изменения крупности полезной

ископаемых.

В зависимости от детализации различают схемы обогащения принципиальные (а) на которых изображены лишь отдельные циклы и стадии обогащения, и полные (б), где приведены все операции



Схемы флотации:

*a* – принципиальная; *б* – полная.

*Циклом обогащения называется обособленная группа операций обогащения полезных ископаемых, которые имеют общие признаки, касающиеся качества ископаемые, цели обогащения или самого процесса обогащения и его режима.*

*Стадией обогащения называется совокупность операций обогащения, проводимых с исходным материалом или дробленным к определенной крупности продукта. Каждая стадия может включать один или несколько циклов.*

При выборе схемы обогащения необходимо решить два вопроса:

- о числе стадий обогащения,
- о выборе точек возврата промпродукта.

Число стадий обогащения руды зависит от характера вкрапления красного минерала и способности его и пустой породы в ошламлюванню при измельчении. При этом следует придерживаться правила: Чем неравномерное по крупности вкрапления красного минерала и чем больше он ошламлюется при измельчении, тем больше оснований для применения стадийального обогащения.

В то же время надо следовать принципу: изымать красный минерал в конечный концентрат и удалять породу в отходы по возможности в крупном виде.

Выбор точек возврата промпродукта зависит от требуемого качества концентрата, свойств обогащаемого минерала и характеристики промпродукта (его выхода, разреженности, наличия и количества в нем сростков). При направлении промпродукта в какую-либо операцию необходимо, чтобы сочетаемые продукты были близки по содержанию компонентов, минералогическим составом, обогатимостью.

В зависимости от наличия или отсутствия в схемах обогащения оборотных продуктов они разделяются на две группы: схемы без оборотных продуктов и схемы с оборотными продуктами.

В свою очередь вторая группа схем обогащения подразделяется по следующим признакам: по структуре, по характеру исходных данных для расчета, по составу полезных ископаемых.

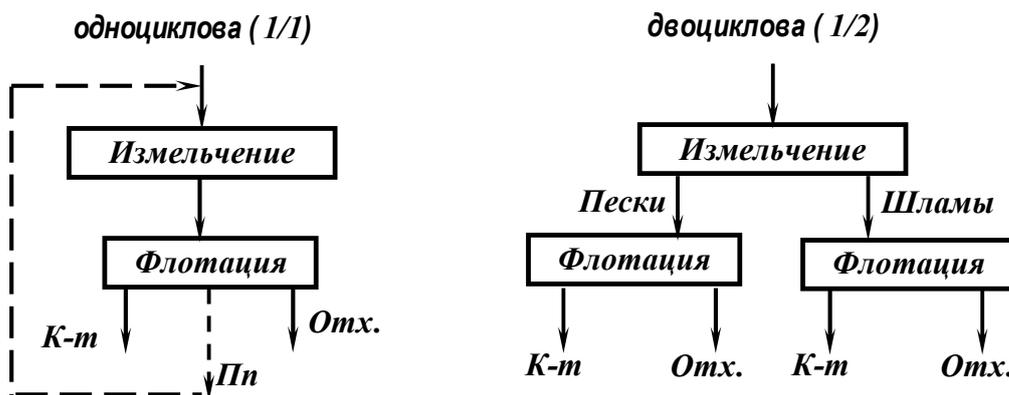
## 5.2 ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ФЛОТАЦИИ МОНОМЕТАЛЛИЧЕСКАЯ РУД

Большинство применяемых на практике принципиальных схем флотации монометаллических руд может быть представлена различными вариантами, включающих определенное число стадий и циклов..

### ● Одностадийные схемы.

- одноциклова (1/1). Получаемый по этой схеме промпродукт направляется не в самостоятельный цикл измельчения, а возвращается в цикл измельчения руды;

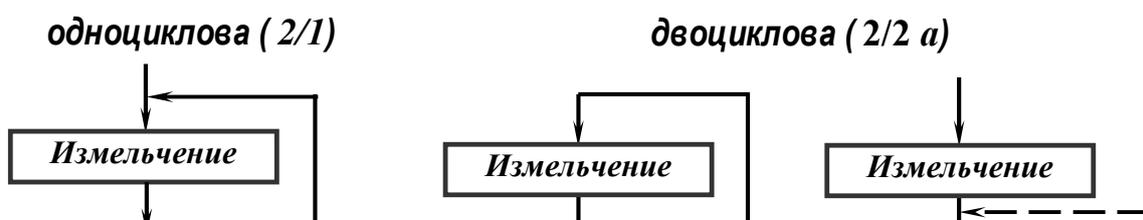
- двухцикловой (1/2) с отдельным обогащением песков и шламов.



### ● Двухстадийные схемы

- одноциклова (2/1) с измельчением промпродукта в отдельном приеме и возвращением его в цикл рудной флотации;

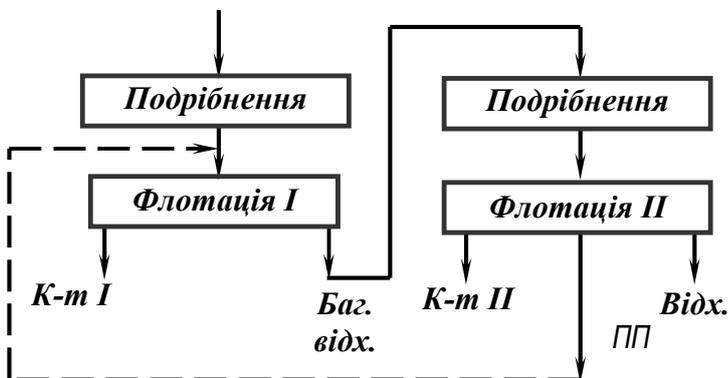
- двухцикловой (2/2 а) с выделением в первой стадии обогащения отвальных отходов и бедного концентрата, направляемого во вторую стадию;



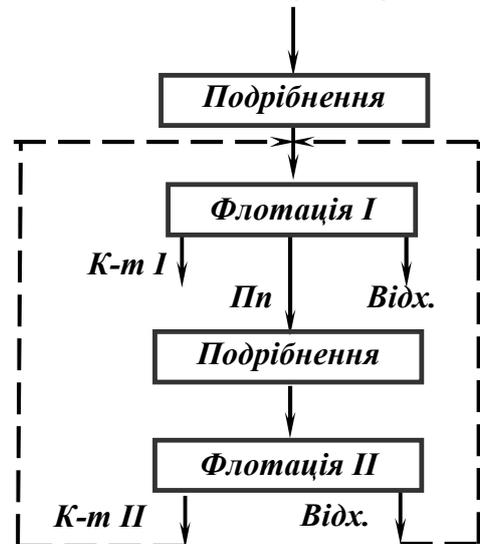
- двухцикловой (2/2 б) с выделением в первой стадии обогащения кондиционного концентрата и богатых отходов, направляемых во вторую стадию;

- двухцикловой (2/2 в) с выделением в первой стадии кондиционного концентрата, отвальных отходов и промпродукта, что направляется во вторую стадию;

**двоциклова (2/2 б)**



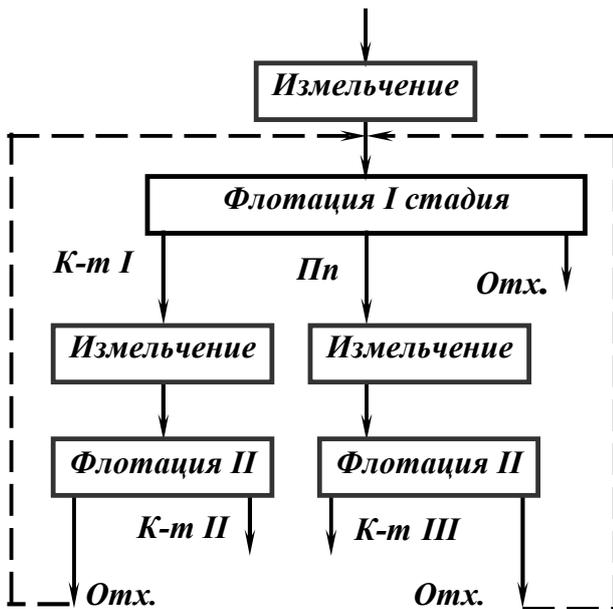
**двоциклова (2/2 в)**



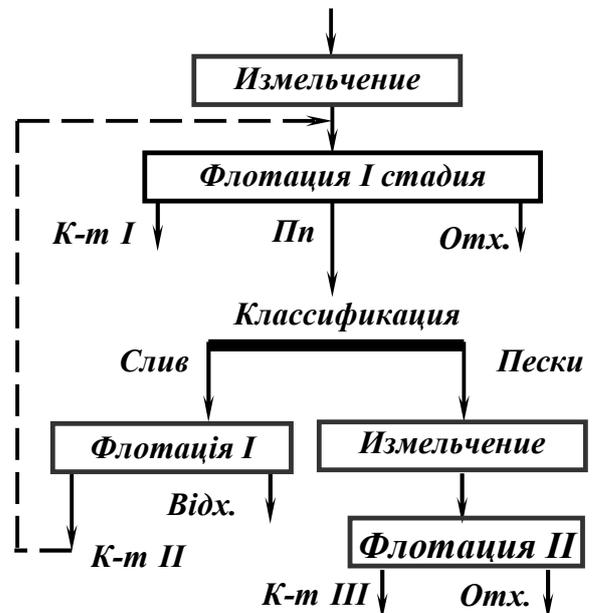
- трехцикловая (2/3 а) с выделением в первой стадии обогащения бедного чернового концентрата, промпродукта и основной массы отвальных отходов. Черновой концентрат и промпродукт направляют на измельчение и вторую стадию обогащения в отдельных циклах;

- трехцикловая (2/3 б) с выделением в первой стадии обогащения части готового концентрата, части отвальных отходов и промпродукта, что направляется в измельчения и вторую стадию обогащения.

**трициклова ( 2/3 а)**



**трициклова ( 2/3 б)**

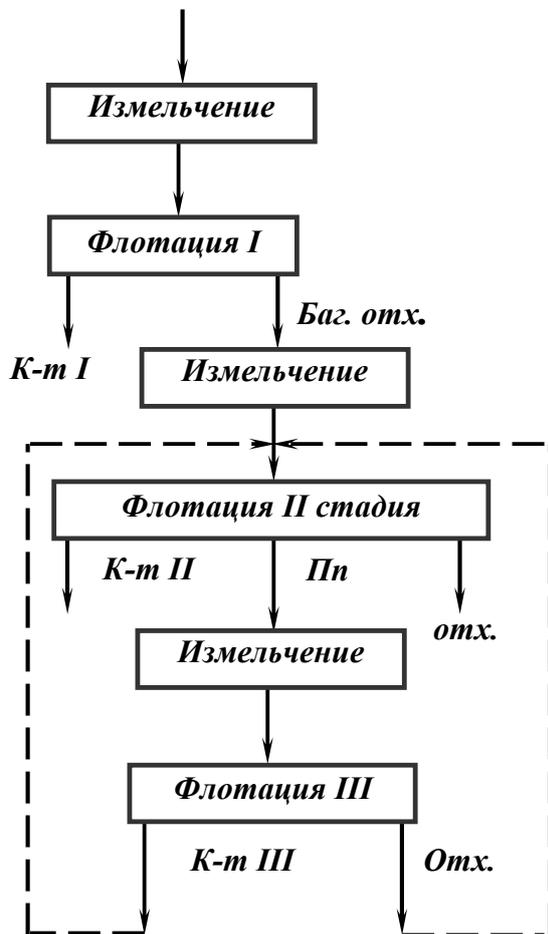


Трехстадийные схемы

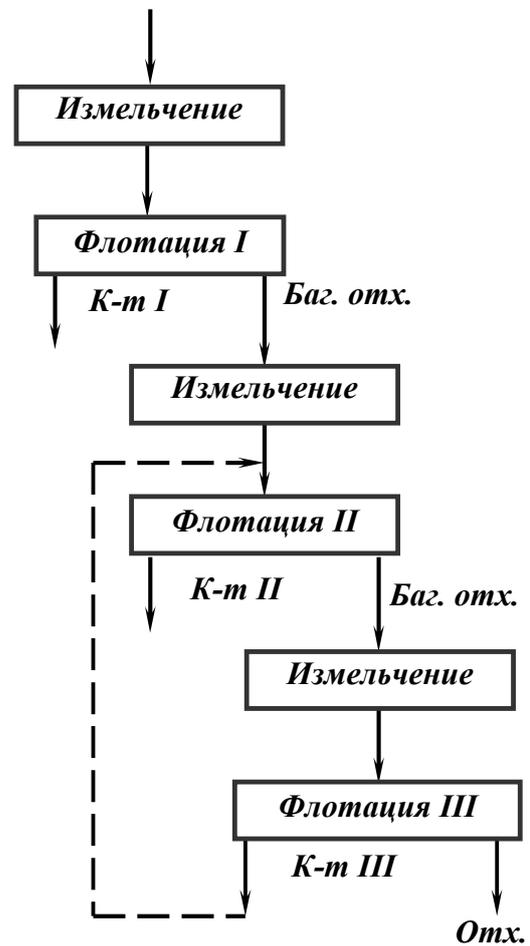
- трехцикловая (3/3 а) с выделением в первой стадии обогащения части готового концентрата и богатых отходов, направляемых в измельчения и вторую стадию. Во второй стадии обогащения выделяется вторая часть концентрата, основная масса отходов и промпродукт, что направляется в измельчения и третью стадию обогащения;

- трехцикловая (3/3 б) с последовательным измельчением промпродукта

*трициклова ( 3/3 а)*



*трициклова ( 3/3 б)*



Выбор принципиальной схемы флотации монометаллических руд

Выбор принципиальной схемы флотации монометаллических руд, а значит и число стадий обогащения, зависит главным образом от двух факторов: характеристики вкрапления красного минерала и способности его и пустой породы в ошламлювання. С учетом указанных особенностей полезных ископаемых и данных практики рекомендуется использовать следующие схемы флотации.

Выбор принципиальной схемы флотации монометаллических руд



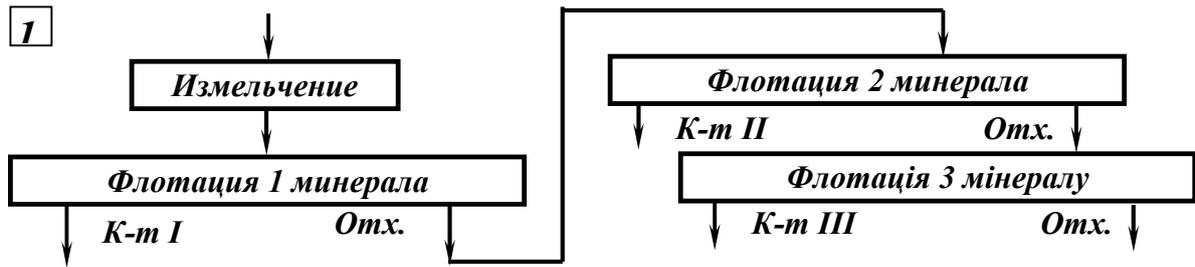
### 5.3 ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ФЛОТАЦИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

В зависимости от состава полиметаллических руд при их обогащении может быть получено два, три и более концентратов. Возможны принципиальные схемы флотации полиметаллических руд рассмотрены на примере руды, содержащей четыре компонента. Для обогащения полиметаллических руд могут быть использованы схемы:

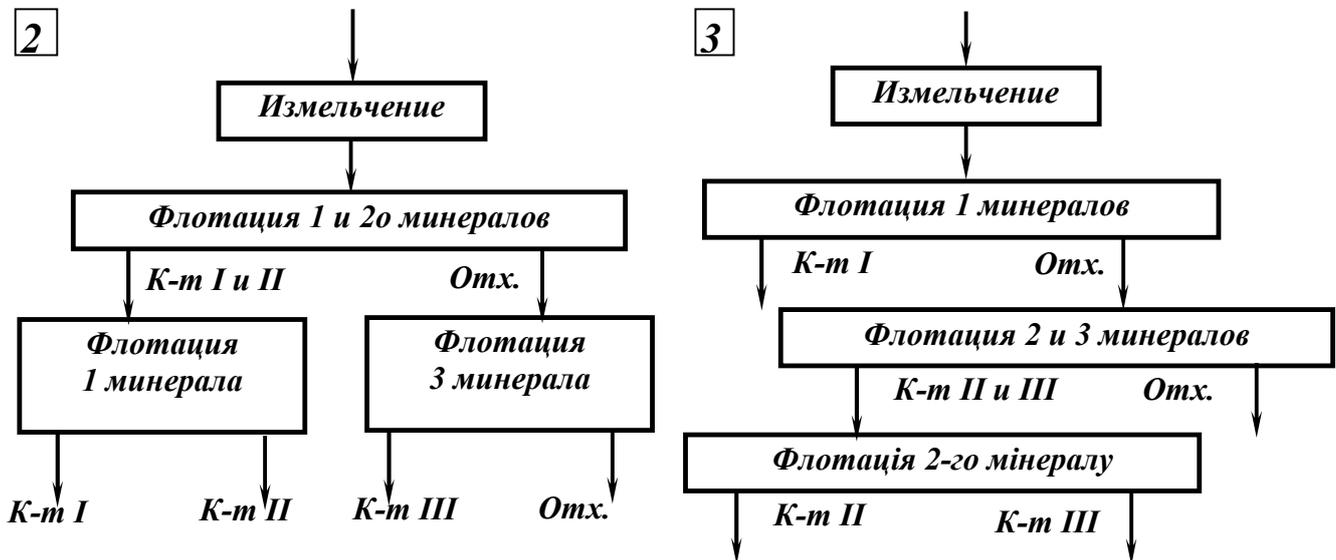
- с прямой селективной флотацией (схема 1),
- с частичной коллективной флотацией (схемы 2 и 3),
- с предыдущей коллективной флотацией (схемы 4, 5 и 6),

- с фракционной коллективной флотацией (схема 7) . Главные различия этих схем заключаются в числе циклов, через которые проходит основной поток пульпы (содержащий пустую породу).

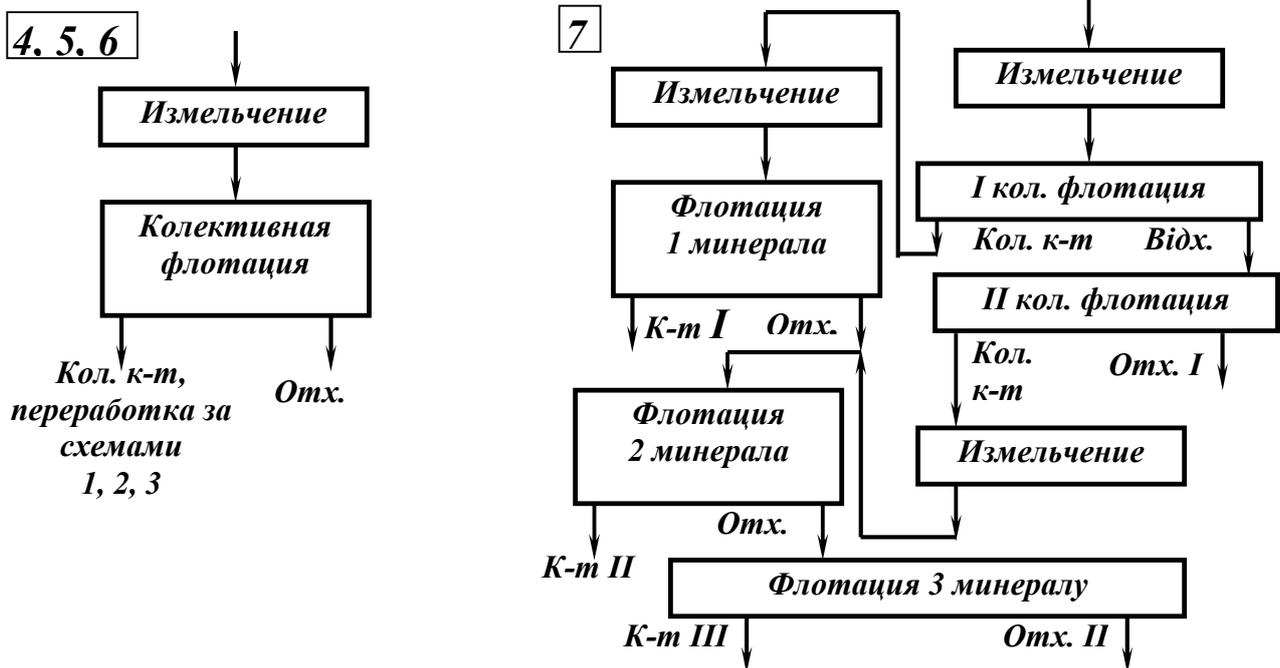
В схеме 1 с прямой селективной флотацией отходы выделяют в третьем цикле обогащения, основной поток пульпы проходит три цикла.



В схемах 2 и 3 с частичной коллективной флотацией основной поток пульпы проходит через два цикла обогащения.



В схемах 4, 5 и 6 предварительной коллективной флотацией основной поток пульпы проходит только один цикл обогащения, в схеме 7 - два цикла.



### Выбор принципиальной схемы флотации полиметаллических руд

В зависимости от минералогического состава и содержания металлов полиметаллические руды подразделяются на четыре группы, для каждой из которых рациональное применение соответствующей схемы. Выбор принципиальной схемы флотации полиметаллических руд объясняется рисунком.

### Выбор принципиальной схемы флотации полиметаллических руд

**ВЫБОР ПРИНЦИПАЛЬНОЙ**

Схемы із прямою селективною флотацією при високому  $\beta_s$  у відходах

Руди I ої групи - сульфідні



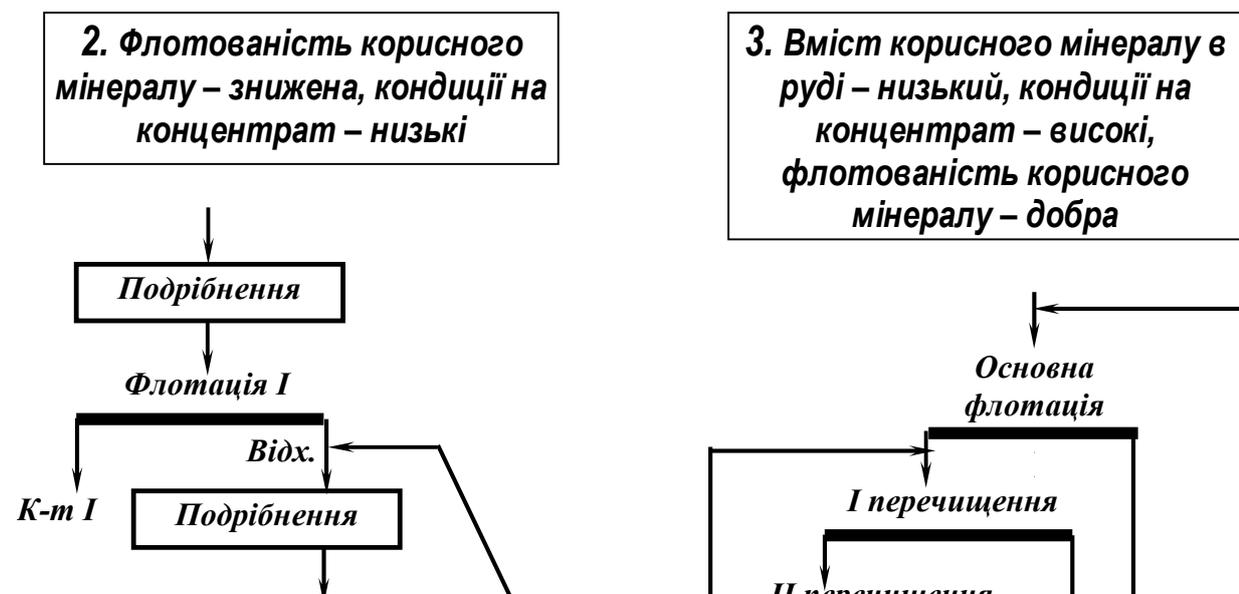
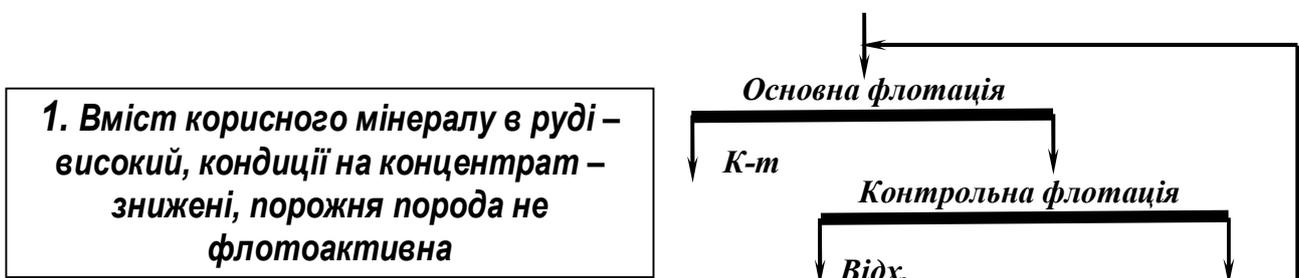
Построение схемы флотации в стадиях и циклах обогащения

После выбора принципиальной схемы флотации намечают полную схему, и при этом возникает необходимость в решении двух вопросов:

- о числе и последовательность операций в каждом цикле обогащения,
- о выборе точек возврата промпродуктов в цикл.

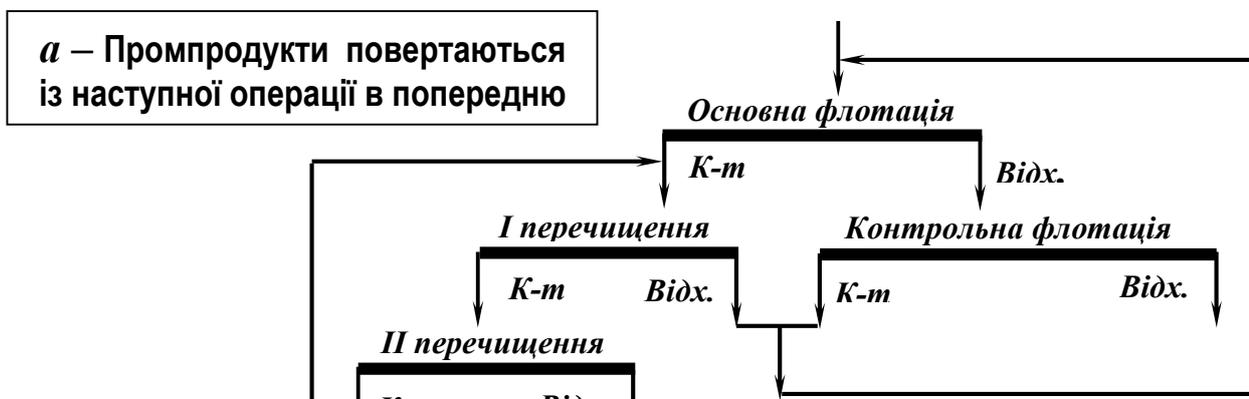
Число и последовательность операций в отдельных циклах обогащения зависят главным образом от трех условий - содержания полезного минерала в руде, требований к качеству концентрата, флотационных свойств полезного и породного минералов.

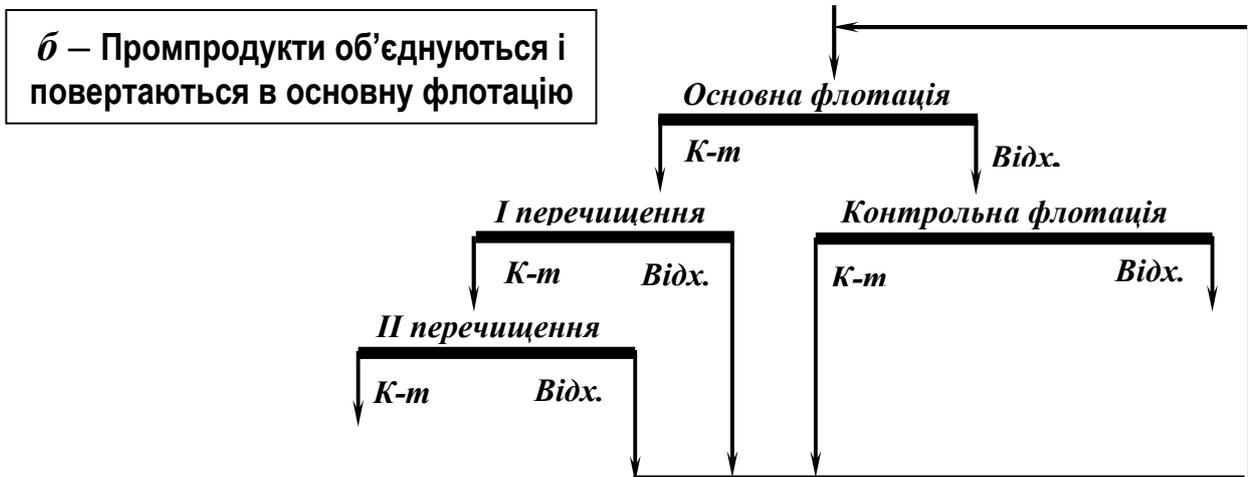
В зависимости от требований к качеству концентрата и свойств руды встречаются три типичных случая направления развития схемы обогащения:



*бор точек возврата промпродукта зависит от требуемого качества концентрата, флотационных свойств минерала, наличие в Промпродукт сростков, его выхода и разреженности.*

Схема а по сравнению со схемой б<sub>1</sub> позволит получить концентрат худшего качества, но при более высоком извлечении полезного минерала. Следовательно, чем больше число очищенное, тем качество концентрата выше, а изъятие ниже. С другой стороны, чем меньше число операций отделяет точку возврата промпродукта от точки получения конечного концентрата, тем выше изъятия, но низкое качество концентрата.





Література до розділу 5: [1] с. 287 – 291, [2] с. 51 – 65.

## 6. ВЫБОР СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ РУД ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

### 6.1 КЛАССИФИКАЦИЯ РУД ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

Руды черных металлов классифицируют в зависимости от их свойств, влияющих на выбор схемы обогащения. К основным свойствам, определяющие выбор схемы и процессов обогащения руд черных металлов, относятся:

- степень разрушенности руд природными процессами (классы А, Б, В, Г),
- магнитные свойства полезных минералов (группы 1, 2, 3),
- содержание и состав глин (для руд классов А и Б с разрушенной породой),
- характеристика вкрапления красных и породных минералов и минералов-носителей вредных примесей (при разработки полной схемы обогащения руд классов В и Г).

### 6.2 СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ РУД ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

#### Схемы обогащения руд класса А (группы А-1 и А-2)

К классу А относят так называемые промывочные железные и марганцевые руды. Пустая порода в этих рудах содержится, в основном, в виде глины и песка. Сростков полезных минералов с пустой породой практически нет.

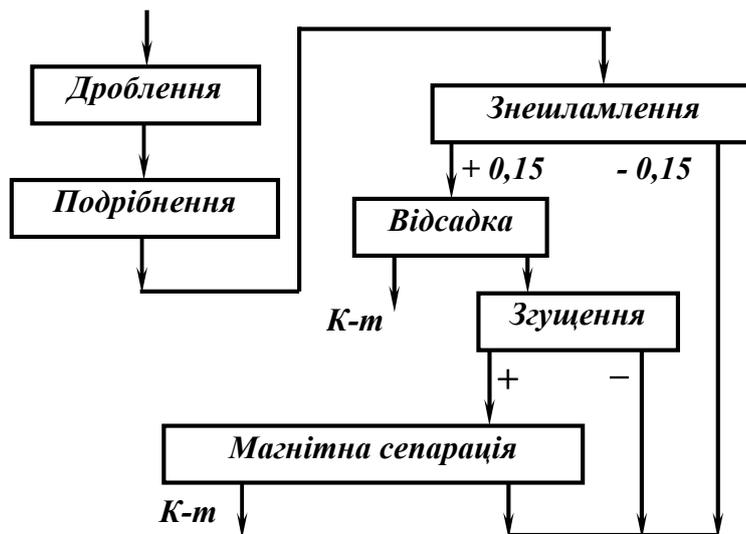
Основной метод обогащения руд класса А - промывание с последующим грохочением мытой руды и классификации мелкого материала. При необходимости крупные классы мытой руды (3 мм) дополнительно обогащают отводками, а мелкозернистый знешламлений продукт - отводками или магнитной сепарацией.



Схемы обогащения руд класса Б (группа Б-1)

Класс Б представлен железными рудами. В рудах этого класса пустая порода и полезные минералы имеют малую твердость, в них содержится много охристых соединений и шламов. Полезные минералы представлены слабомагнитных разновидностями - бурой железной рудой и сидеритом, порода - хлоритом.

Наиболее рациональная гравитационно-магнитная схема обогащения: руду дробят и измельчают до 1-3 мм, знешламлируют; зернистую часть обогащают гравитационными процессами, отходы гравитации сгущают и обогащают магнитной сепарацией в сильном магнитном поле. Гравитационное обогащение можно осуществлять или отводками, или сепарацией в винтовых и конусных сепараторах



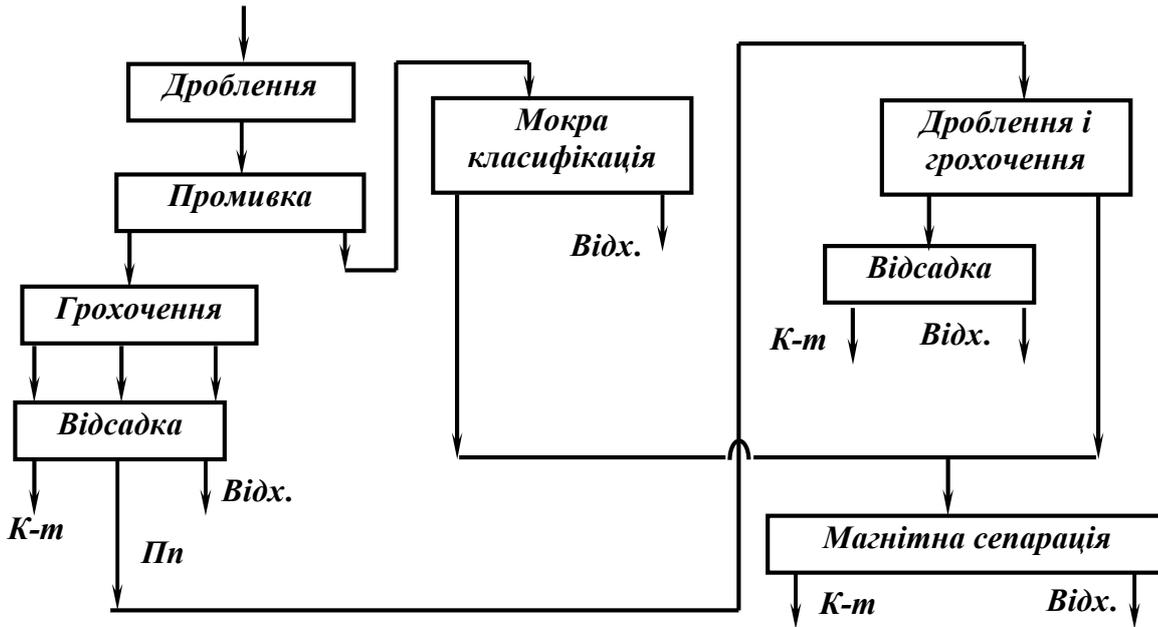
Схемы обогащения руд класса (группы В-1 и В-2)

К классу В относятся железные и марганцевые руды.

В группу В-1 относят марганцевые руды. Рудные минералы - псиломелан, манганит и пиролюзит находятся в виде оолитов, сцементированных частично разрушенной пустой породой.

Представителями группы В-2 является частично разрушены железные руды. Полезные минералы в них - магнетит, мартит, напивмартит, гематит, бурые железняки. Пустая порода частично разрушена.

Обогащение руд класса осуществляют с применением промывки, отводки и магнитной сепарации.



### Схеми обогащення руд класу Г

К классу Г относят железные, марганцевые и хромовые руды. Полезные минералы характеризуются мелким и тонким вкраплением. Пустая порода представлена минералами высокой твердости - кварцем, полевым шпат, амфиболами и др.

К железных руд группы Г-1 относят гематитовые и мартитовые. Крупновкраплени железные руды обогащают гравитационными процессами, тонковкраплени - флотацией или полиградиентною магнитной сепарацией.

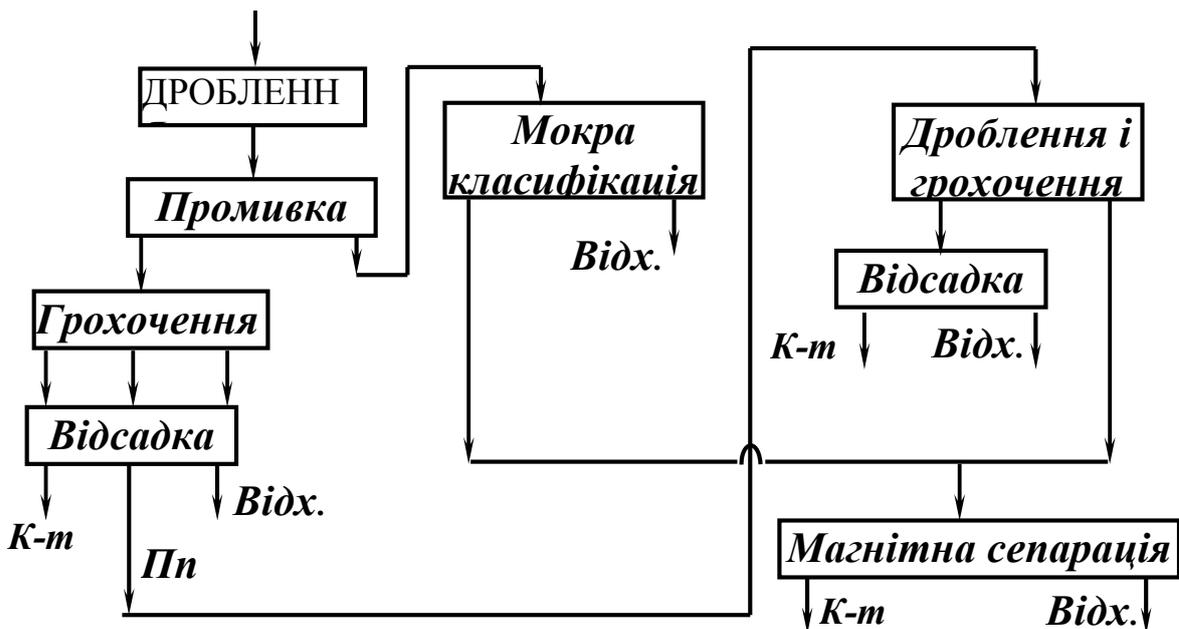
Марганцевые руды группы Г-1 характеризуются средним вкраплением оксидов марганца. Типичная схема обогащения марганцевых руд включает три стадии обогащения при максимальной крупности зерен 12; 2 и 0,5 мм: более крупные классы обогащают отводками, а мелкие - концентрацией на столах или магнитной сепарацией.

Схемы обогащения дрибновкрапленых хромовых руд группы Г-1 включают дробления и измельчения руды до 0,3 0,5 мм, гидравлическую классификацию и обогащения крупных классов отводками, мелких - концентрацией на столах. Хромитовые руды можно обогащать магнитной сепарацией в сепараторах с высокой напряженностью магнитного поля.

В группу Г-2 относят магнетито-мартитовые и магнетито-гематитовые железные руды с плотной неразрушенной породой, которая представлена кварцем. Содержание железа в рудах составляет 30 - 40%. Для большинства руд характерно мелкое и тонкое вкрапления полезных минералов. Полезные минералы представлены смесью сильно- и слабомагнитных разновидностей.

Обогащение руд этой группы может осуществляться магнитно-гравитационной, магнитно-флотационной и магнитной схемам.

В группу Г-3 относят первичные железные руды (так называемые магнетитовые) с неразрушенной пустой породой, в которых полезные минералы представлены преимущественно сильномагнитных разновидностями - магнетитом и реже титаномагнетитовые. Наиболее экономичный процесс обогащения для магнетитовых руд - магнитная сепарация.

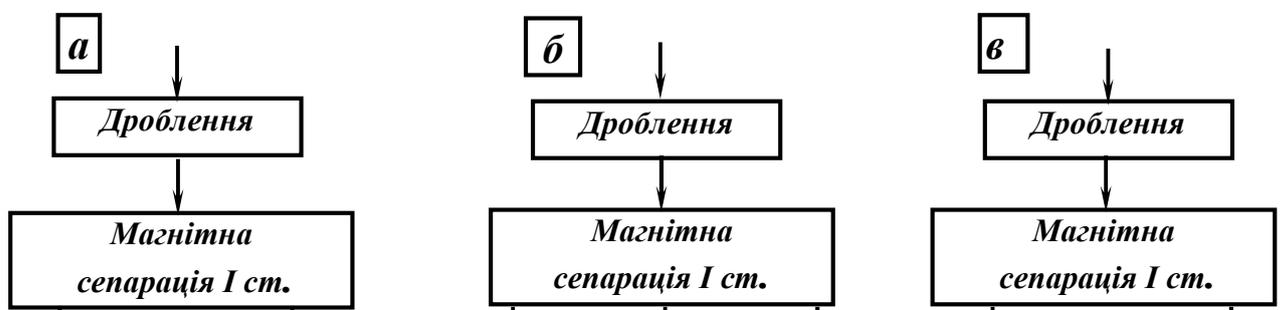


Вкрапления полезных минералов и особенно минералов-носителей вредных примесей в большинстве руд мелкое и тонкое, поэтому для получения кондиционных концентратов нужно тонкое измельчение.

Выбор принципиальной схемы обогащения руд определяется характеристиками вкрапления полезных минералов, пустой породы и минералов-носителей вредных примесей:

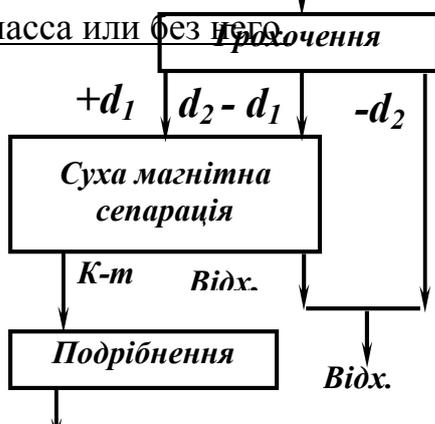
Схема «а» применяется, если вкрапления магнетита неравномерное, мелкое и тонкое, зерна магнетита находятся в сростках с минералами пустой породы и минералами-носителями вредных примесей, а также при агрегатном вкраплениями.

Схемы «б» и «в» применяются, если вкрапления магнетита крупное и неравномерное, зерна магнетита свободные от включений минералов-носителей вредных примесей или содержат эти включения в допустимых пределах.



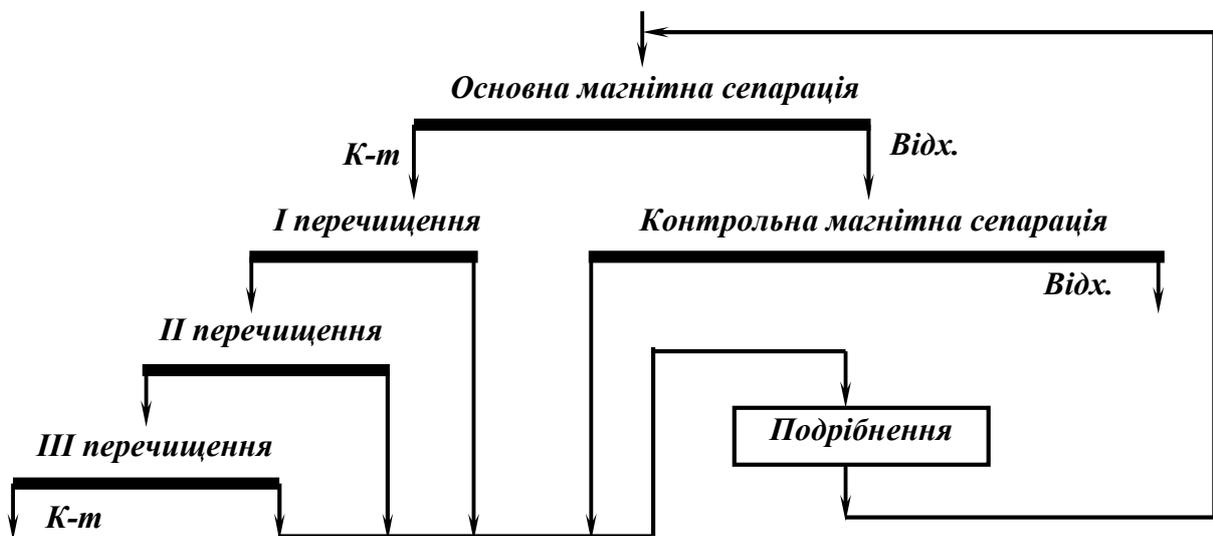
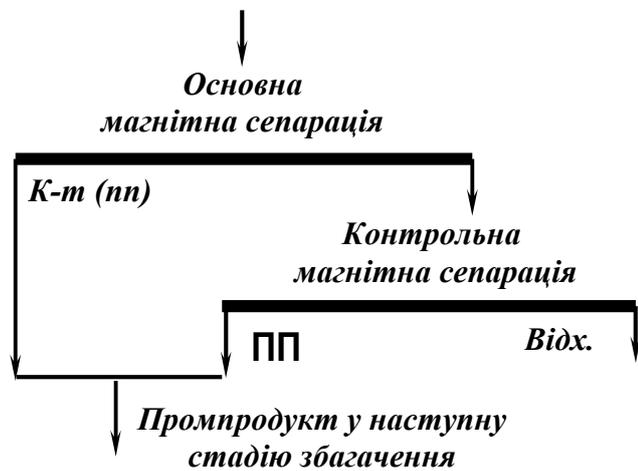
### Построение схемы магнитного обогащения

В зависимости от крупности перерабатываемого в отдельных стадиях схемы, может использоваться мокрая магнитная сепарация (для материала мельче 6 мм) и сухая магнитная сепарация (для материала крупнее 6 мм). Сухая магнитная сепарация может применяться с предыдущим грохочением на два-три класса или без него



*Сухая магнитная сепарация дробленой руды (+ 6 мм) позволяет вывести из процесса долю отвальных отходов и получить промпродукт для дальнейшего*

В стадиях обогащения, где выделяют отвальные отходы и некондиционный концентрат, следует применять схему, включающую контрольную



В стадиях, где выделяются два конечных продукта - кондиционный концентрат и отвальные отходы, следует применять схему, включающую основную сепарацию, контрольную сепарацию отходов и две-три операции перечистки

Концентраты, поступающие в агломерацию, не должны быть тоньше 90 - 95% класса -0,074 мм. Крупность концентратов для окомкования должна быть не менее 85% класса -0,044 мм.

#### Схемы получения сверхбогатых концентратов

Получение сверхбогатых концентратов достигается тонким измельчением черновых концентратов до 95-100% класса -0,05 мм и последующим применением схем с увеличенным числом стадий обогащения и числом очищенное концентрата магнитной сепарацией. Кроме того, сверхбогатые концентраты могут быть получены трехкратной классификации богатых концентратов в магнитных конусах с целью удаления в слив шламов пустой породы и бедных сростков или дополнительным флотационным обогащением богатых магнитных концентратов.

#### Схемы обогащения комплексных руд

Комплексные магнетитовые руды, которые кроме железа, содержат и другие ценные компоненты (кобальтовмисний пирит, ильменит, апатит, сульфиды меди, свинца и цинка), обогащаются за комбинированными схемами, включающих магнитную сепарацию и флотацию отходов магнитной сепарации для извлечения дополнительных ценных компонентов. При наличии в комплексных рудах циркония он изымается из отходов магнитной сепарации гравитационными процессами.

Литература к разделу 6: [1] с. 287 – 291, [2] с. 66 – 74.

## 7. ВЫБОР СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ РУД РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### 7.1 Классификация руд россыпных месторождений

Промышленное значение имеют четыре группы россыпных месторождений:

- руды благородных металлов (плотность полезных минералов - 15 - 19 т / м<sup>3</sup>);
- руды касситерит, вольфрамитом, танталит, ниобата (плотность полезных минералов 6 - 8 т / м<sup>3</sup>);
- руды титановые, циркониевые, ториеворидкисноземельных минералов (плотность полезных минералов 4,2 - 5,2 т / м<sup>3</sup>);
- алмазосодержащих руды (плотность алмазов 3,5 - 3,53 т / м<sup>3</sup>).

Плотность породных минералов россыпных месторождений - 2,6 - 2,8 т / м<sup>3</sup>

## 7.2 схема обогащения руд россыпных месторождений

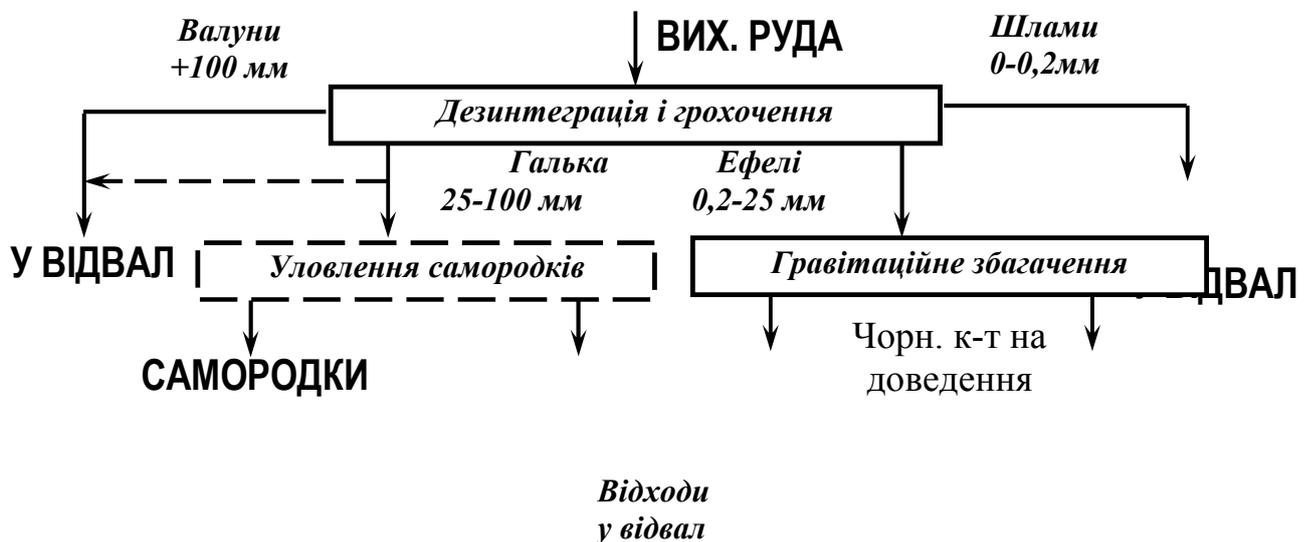
В россыпных рудах полезные минералы находятся в свободном состоянии, они концентрируются в мелких классах - Эфели (0,2 - 25 мм), в гальке (25 - 100 мм) встречаются самородки, в крупных классах - валунах (100 мм) и тонких - мулах (-0,2 мм) полезные минералы, как правило, отсутствуют.

Подготовка руд к обогащению состоит в их дезинтеграции и последующем грохочении.

Схема обогащения россыпных руд состоит из двух циклов - основного и доводочного.

В первом цикле гравитационными процессами удаляют в отходы основную массу породы и получают грубый концентрат.

### Основной (первый) цикл



Выбор процесса обогащения зависит от крупности, плотности и формы зерен минералов, которые изымаются.

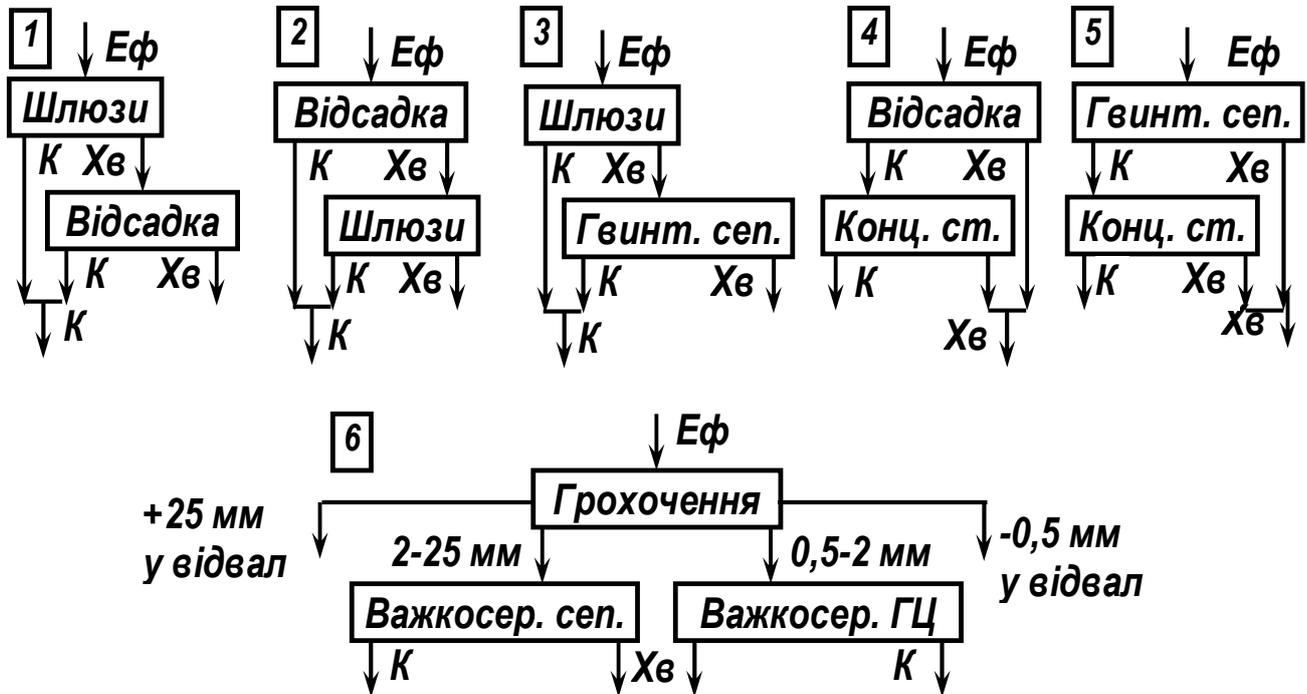
Схемы 1 - 3 применяются при обогащении золотосодержащих россыпей.

Схема 4 является основной при обогащении руд второй группы.

Схемы 4 - 5 применяются при обогащении руд третьей группы.

Схема 6 является основной при обогащении алмазосодержащих руд.

Принципиальные схемы обогащения россыпей



В доводочном цикле применяются сложные схемы обогащения с использованием различных процессов, позволяющих наиболее полно удалить все ценные компоненты в товарные продукты.

## РАСЧЕТ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ

Методика расчета количественных схем обогащения с использованием различных процессов - флотации, магнитной сепарации, гравитационных - принципиально одинакова и выполняется в три приема:

- определяют необходимое и достаточное число исходных показателей;
- рассчитывается принципиальная схема обогащения по всем компонентам;

- каждый из циклов рассчитывается по главным для него показателями.

По данным отчетов об испытаниях обогащения данной полезного ископаемого и практики обогатительных фабрик, перерабатывающих аналогичное сырье, принимаются численные значения исходных показателей по извлечению и содержания полезного компонента для обогащенных продуктов отдельных операций (концентратов). При расчете схемы путем составления и решения уравнений баланса необходимо для каждого продукта установить его выход, изъятие и содержание в нем расчетного компонента (определить отсутствуют показатели). Для расчета технологическая схема обогащения разбивается на простейшие типовые узлы.

## РАСЧЕТ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ

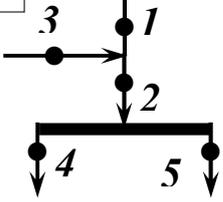
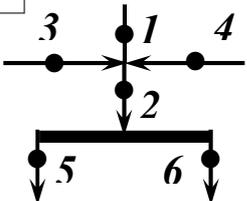
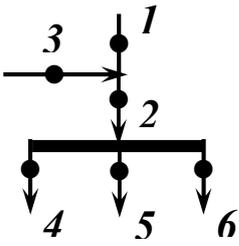
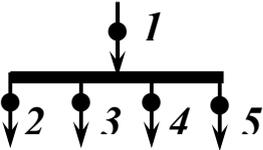
### МЕТОДИКА РАСЧЕТА

- Определение необходимого и достаточного числа исходных показателей:
  - ~ Общее число исходных показателей:  $N = c (nP - AP + 1) - 1$ ,
  - ~ Число показателей извлечения:  $N_{\varepsilon} = nP - AP$ ,
  - ~ Число исходных показателей, характеризующих продукты обработки:  $np = c (nP - AP)$ ,
  - ~ Число показателей, характеризующих исходную руду:
 
$$NP = N - np.$$
- Расчет принципиальной схемы обогащения по всем компонентам.
- Расчет каждого из циклов по главным для него показателями (для расчета технологическая схема обогащения разбивается на простейшие типовые узлы).

### РОЗРАХУНОК ТИПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВУЗЛІВ

Схема	Вихідні дані	Розрахункові рівняння
1	2	3
1		



1	2	3
<b>IVa</b> 	$2\gamma_i, 4\beta_i$	$\gamma_1 + \gamma_3 = \gamma_4 + \gamma_5$ $\gamma_1\beta_1 + \gamma_3\beta_3 = \gamma_4\beta_4 + \gamma_5\beta_5$
<b>IVb</b> 	$3\gamma_i, 5\beta_i$	$\gamma_1 + \gamma_3 + \gamma_4 = \gamma_5 + \gamma_6$ $\gamma_1\beta_1 + \gamma_3\beta_3 + \gamma_4\beta_4 = \gamma_5\beta_5 + \gamma_6\beta_6$
<b>V</b> 	$3\gamma_i, \beta_1, \beta_3,$ $\beta_4, \beta_5, \beta_6$	$\gamma_1 + \gamma_3 = \gamma_4 + \gamma_5 + \gamma_6$ $\gamma_1\beta_1 + \gamma_3\beta_3 = \gamma_4\beta_4 + \gamma_5\beta_5 + \gamma_6\beta_6$
<b>VI</b> 	$\gamma_1, 5\beta_i',$ $5\beta_i'', 5\beta_i''''$	$\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_5$ $\gamma_1\beta_1' = \gamma_2\beta_2' + \gamma_3\beta_3' + \gamma_4\beta_4' + \gamma_5\beta_5'$ $\gamma_1\beta_1'' = \gamma_2\beta_2'' + \gamma_3\beta_3'' + \gamma_4\beta_4'' + \gamma_5\beta_5''$ $\gamma_1\beta_1'''' = \gamma_2\beta_2'''' + \gamma_3\beta_3'''' + \gamma_4\beta_4'''' + \gamma_5\beta_5''''$

Литература к разделу 7: [1] с. 118 – 195, [2] с. 51 – 83.

## 8 ВОДНО-ШЛАМОВЫЕ СХЕМЫ.

### 8.1 РАСЧЕТ ВОДНО-ШЛАМОВЫХ СХЕМ

Цель проектирования водно-шламовой схемы:

- обеспечение оптимальных концентраций пульпы в технологических операциях и продуктах схемы;
- определение количества добавляемой воды в операции или удаляется из продуктов при обезвоживании;

- определение потребности обогатительной фабрики в воде и составления баланса воды.

### ПОРЯДОК РАСЧЕТА ВОДНО-ШЛАМОВОЙ СХЕМЫ

- составление таблицы, куда заносят показатели каждого продукта: выход  $\gamma$ , массу  $Q$  и зольность  $Ad$  (или содержание полезного компонента  $\beta$ )
- расчет количества воды  $W$  для продуктов и операций с известными влажностью  $W_{tr}$  и разреженностью  $R$

~ Разреженность  $R = W_{tr} / (100 - W_{tr})$ , м<sup>3</sup> / т

~ Количество воды в продукте  $W_i = Q_i R_i$ , м<sup>3</sup>

- определение количества добавляемой воды в отдельные операции и продукты, и одновременно вычисляют количество воды и разреженность во всех других операциях и продуктах схемы

~ Количество воды в операции, м<sup>3</sup>

~ Количество дополнительной воды  $W_{дод} = W_{опер} - W_{живл}$ , м<sup>3</sup>

- определение влажности  $W_{tr}$  некоторых продуктов (например, товарных), а также содержания твердого  $p$  в потоках схемы (например, в оборотной воде):

~ Влажность  $W_{tr} = W / (Q + W)$  или

$$W_{tr} = 100R / (1 + R)$$

~ Содержания твердого  $p = Q \cdot 103 / W$

- составление баланса воды по фабрике и определения удельных расходов воды на 1 т обогащаемого материала.

### *8. 2 расчет системы регенерации оборотной воды*

Сложная система регенерации шламовых вод представляется в виде укрупненных технологических блоков, где каждый из них выполняет определенную функцию. Взаимодействие блоков определяет работу всей системы в целом.

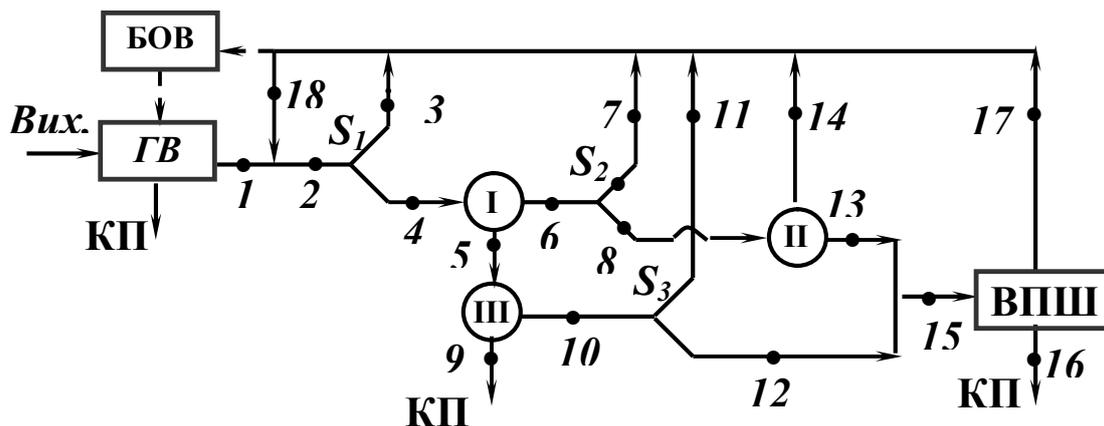
Порядок расчета системы регенерации оборотной воды углеобогащительной фабрики:

- Исходные данные для расчета:

- ~ Количество крупнозернистого  $q_{1+0,5}$  и тонкозернистого шлама  $q_{1-0,5}$  и их зольность  $A_{1+0,5}$  и  $A_{1-0,5}$ ,

- ~ Количество воды, поступающей со шламом  $W_1$

- В зависимости от количества шламов и их состав выбирается вариант водно-шламовой схемы



- Назначение дополнительных данных для расчета:

- ~ Доля рециркуляции потоков  $S_i$ ,

- ~ Изъятия класса 0,5 мм в сгущенный (обезвоженный) продукт  $\varepsilon_i$ ,

- ~ Изъятия класса 0,5 мм в сгущенный (обезвоженный) продукт  $\eta_i$ ,

- ~ Разреженность некоторых продуктов  $R_i$ .

- Обчислення:

- ~ изъятие класса 0,5 мм в оборотную воду:

$$U = S_1 + (1 - S_1)[S_2(1 - \varepsilon_1) + S_3 \varepsilon_1(1 - \varepsilon_3) + (1 - S_2)(1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2)],$$

~ изъятие класса 0,5 мм в оборотную воду:

$$I = S_1 + (1 - S_1)[S_2(1 - \eta_1) + S_3 \varepsilon_1(1 - \eta_3) + (1 - S_2)(1 - \eta_1)(1 - \eta_2)],$$

~ коэффициент циркуляции шламов:

$$\text{классу } -0,5 \text{ мм} \quad K_1 = (1 - U)^{-1},$$

$$\text{классу } +0,5 \text{ мм} \quad K_2 = (1 - I)^{-1},$$

$$\text{суммарный} \quad K_0 = (K_1 q_1^{-0,5} + K_2 q_2^{+0,5}) / (q_1^{-0,5} + q_2^{+0,5}),$$

~ эффективность системы регенерации  $E_P = K_0^{-1}$ .

• *Вычисление количества шламов и воды в продуктах схемы*

количество шламов, т/ч	количество воды, м <sup>3</sup> /ч
$Q_1 = q_1^{-0,5} + q_1^{+0,5}$	$W_1 = W_{BIX}$
$Q_2 = q_1^{-0,5} k_1 + q_1^{+0,5} k_2$	$W_2 = W_1$
$Q_3 = S_1 (q_1^{-0,5} + q_1^{+0,5})$	$W_3 = S_1 W_1$
$Q_4 = (1 - S_1)(q_1^{-0,5} + q_1^{+0,5})$	$W_4 = W_2 - W_3$
$Q_5 = q_4^{-0,5} \varepsilon_1 + q_4^{+0,5} \eta_1$	$W_5 = Q_5 R_5$
$Q_6 = q_4^{-0,5} (1 - \varepsilon_1) + q_4^{+0,5} (1 - \eta_1)$	$W_6 = W_4 - W_5$
$Q_7 = S_2 (q_6^{-0,5} + q_6^{+0,5})$	$W_7 = S_2 W_6$
$Q_8 = (1 - S_2)(q_6^{-0,5} + q_6^{+0,5})$	$W_8 = W_6 - W_7$
$Q_9 = q_5^{-0,5} \varepsilon_3 + q_5^{+0,5} \eta_3$	$W_9 = Q_9 R_9$
$Q_{10} = q_5^{-0,5} (1 - \varepsilon_3) + q_5^{+0,5} (1 - \eta_3)$	$W_{10} = W_8 - W_9$
$Q_{11} = S_3 (q_{10}^{-0,5} + q_{10}^{+0,5})$	$W_{11} = S_3 W_{10}$

$Q_{12} = (1 - S_3)(q_{10}^{-0,5} + q_{10}^{+0,5})$	$W_{12} = W_{10} - W_{11}$
$Q_{13} = q_8^{-0,5} \varepsilon_2 + q_8^{+0,5} \eta_2$	$W_{13} = Q_{13} R_{13}$
$Q_{14} = q_8^{-0,5} (1 - \varepsilon_2) + q_8^{+0,5} (1 - \eta_2)$	$W_{14} = W_8 - W_{13}$
$Q_{15} = (q_{12}^{-0,5} + q_{13}^{-0,5}) + (q_{12}^{+0,5} + q_{13}^{+0,5})$	$W_{15} = W_{12} + W_{13}$
$Q_{16} = Q_{15}$	$W_{16} = Q_{16} R_{16}$
$Q_{17} = 0$	$W_{17} = W_{15} - W_{16}$
$Q_{18} = Q_3 + Q_7 + Q_{11} + Q_{14} + Q_{17}$	$W_{18} = W_3 + W_7 + W_{11} +$ $+ W_{14} + W_{17}$

- Вычисления зольности продуктов схемы:

$$A_i = (q_i^{-0,5} A_i^{-0,5} + q_i^{+0,5} A_i^{+0,5}) / Q_i,$$

- Определение содержания твердого в оборотной воде и ее составляющих:

$$p_i = Q_i \cdot 10^3 / W_i$$

Литература к разделу 9: [1] с. 198 – 207; [2] с. 117 – 124.

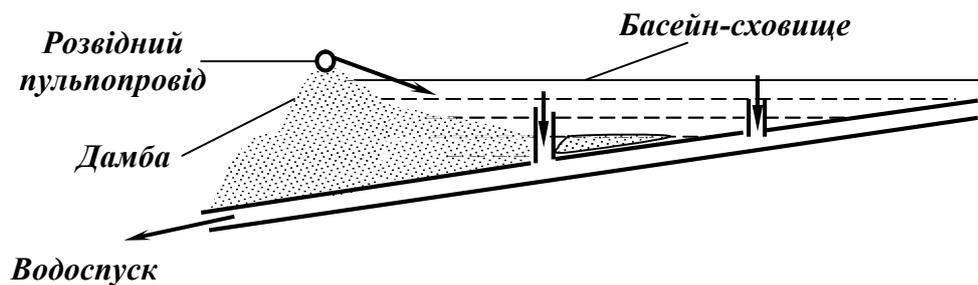
## 9 Породное ХОЗЯЙСТВО ФАБРИКИ

Породные хозяйство обогатительной фабрики представляет собой комплексную систему, предназначенную для удаления и складирования отходов, просветления и очищения стоков и оборотного водоснабжения.

В зависимости от крупности и влажности отходов, удаляемых с фабрики, различают хранилища для мокрых мелких отходов и хранилища для сухих крупных отходов.

### Транспортировка и укладка мелких мокрых отходов

При мокрых процессах обогащения полезных ископаемых образуется пульпа, содержащая отходы. Эта пульпа гидравлическим способом по лоткам и трубам транспортируется в специально созданные природные или искусственные бассейны-хранилища - гидравлические отвалы, где происходит осаждение и заключения твердой фазы отходов и осветления воды, направляемой в оборот на фабрику.



Требуемая вместимость бассейна-хранилища:  $V = Qn / [\eta\delta(1 - m)] ,\text{м}^3$

### Транспортировка и укладка крупных сухих отходов

Выбор способа транспортировки и укладки сухих и крупных обезвоженных отходов обогащения зависит от их физических свойств и количества, рельефа площадки для складирования отходов, расстояния между обогатительной фабрикой и отвалом.

Вместимость отвала для крупных сухих отходов:  $V = Qn/\gamma$ .

Чаще всего в практике обогащения применяют четыре способа транспортировки и укладки крупных сухих отходов.

1-й способ. Транспортировка отходов лучинами или вагонетками по наклонным рельсовым путям и укладки их в конусообразные отвалы (терриконы).

Расстояние от отвала к фабрике не более 0,7 км.

2-й способ. Транспортировка отходов в отвал конусообразной формы передвижными ленточными конвейерами применяется в условиях мягкого климата. Расстояние от отвала к фабрике также не превышает 0,7 км.

3-й способ. Транспортировка отходов подвесными канатными дорогами применяется при расположении отвала от фабрики на расстоянии до 3 км. Форма отвалов: конусообразная, штабельный, секторная.

4-й способ. Транспортировка отходов в перекидных железнодорожных вагонах или автосамосвалами с образованием плоских отвалов. Отвал располагается на значительном удалении от фабрики - более 3 км.

## 9.1 СХЕМЫ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОТХОДОВ И ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Принципам заключения отходов и оборотного водоснабжения удовлетворяют схемы:

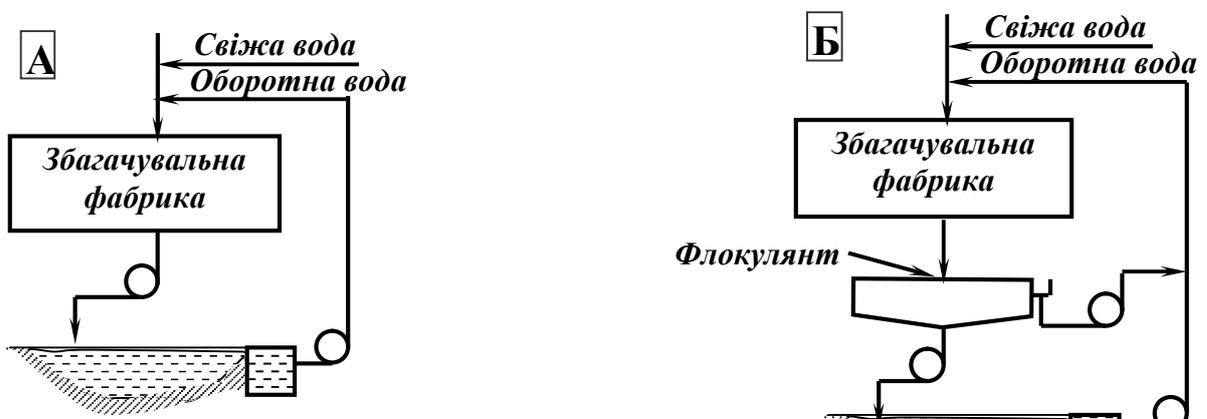


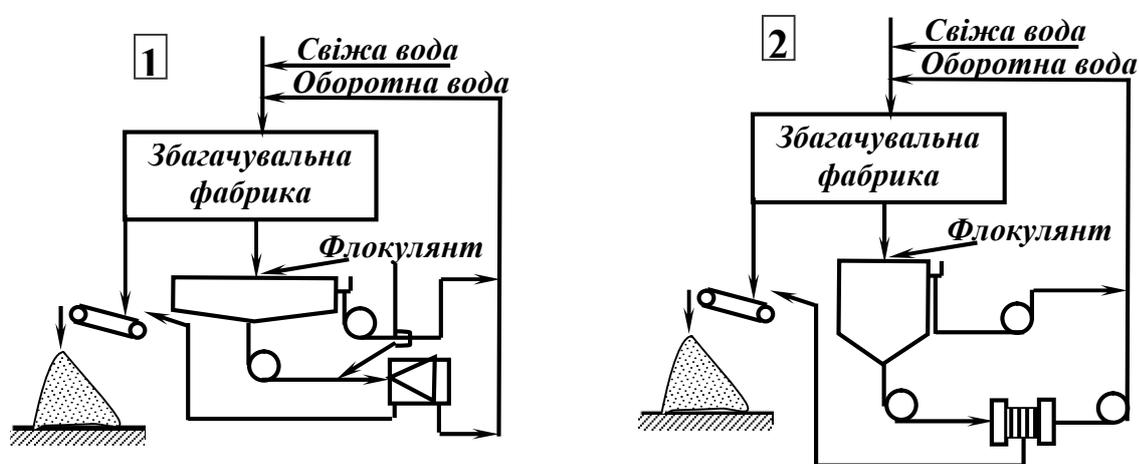
Схема В применяется на фабриках, обогащающих полезные ископаемые в широком диапазоне крупности, сухим и мокрым способом.

Схема Г может быть использована на обогатительных фабриках с стадийным обогащением полезных ископаемых.

Схемы складирования отходов и оборотного водоснабжения углеобогачительных фабрик

Основные требования к схемам складирования отходов и обратного водоснабжения:

- обеспечить получение чистой воды для использования ее в обратном цикле фабрики;
- сгущенный продукт загустителей при использовании фильтр-прессов должен содержать твердой фазы не менее 350 кг / м<sup>3</sup>;
- обезвоженный продукт фильтр-прессов должен легко транспортироваться в отвал автомобильным или другим видом транспорта;
- совместное складирование в отвалах флотационных и гравитационных ОТХОДОВ.



**Схема 1 с отделкой сгущенного продукта в отсадочных центрифугах не получила широкого применения (большой расход флокулянта, быстрое накопление илов в водно-шламовой системе).**

**Схема 2 позволяет получить чистый с концентрацией 1 кг / м<sup>3</sup> твердой фазы - фильтрат и обезвоженный до транспортабельного состояния - осадок.**

#### 4.1.5 РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ, ЗАЙНЯТИХ ВІДХОДАМИ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ

Земли для складирования отходов углеобогащения, занимают значительные площади и служат источником загрязнения окружающей среды пылью и газами. Уменьшение земельных площадей, отчуждаемых для

складирования отходов, достигается применением различных схем обработки отходов обогащения.

Схема I:

- сгущения отходов флотации (до 700-800 кг / м<sup>3</sup>),
- смешивания с породой гравитационного отделения в соотношении 1: 4 (по массе),
- придания негашеной извести (1 - 10 кг / т) или цемента (6% от массы твердой фазы в отходах),
- транспортировки смеси автосамосвалами в плоские отвалы, овраги, отработанные карьеры,
- покрытия слоем чернозема.

Схема II:

- последовательное обезвоживания отходов флотации в цилиндрикоконических сгустителях и фильтр-прессах,
- складирования их вместе с отходами гравитационного отделения.

Технологические решения по приведению площадей, занимаемых отвалами, в первоначальное состояние или под застройку:

- разработка терриконов с вывозом породы для использования ее в качестве закладочного материала или для заполнения свободных емкостей в карьерах;
- тушения и преобразования формы терриконов в плоские отвалы, озеленение и использования их в качестве свободных территорий, лишенных зон вредного воздействия;
- планирование породной массы на свободной площади или в пределах террикона;
- осушения, нанесение почвенного слоя и озеленение территорий, занятых бассейнами-хранилищами.

Литература к разделу 9: [1] с. 339 – 347; [2] с. 125 – 134.

## 10 ВЫБОР И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 10.1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОБОРУДОВАНИЯ

При выборе оборудования решаются следующие основные задачи: выбор типа аппарата и его типоразмера, расчет производительности аппарата для заданных условий, определения числа аппаратов.

Тип выбранного аппарата зависит от крупности обогащаемого материала и его физических свойств.

Выбор типоразмера аппарата связан с распределением потока обогащаемого материала на параллельные секции при применении аппаратов с максимально возможной единичной производительностью.

Производительность аппаратов рассчитывают по теоретическим и эмпирическим формулам, нормами удельной нагрузки и удельного расхода электроэнергии, по времени пребывания материала в аппарате, по транспортирующей способностью аппарата, по данным каталогов и справочников.

Число аппаратов, устанавливают, принимают в соответствии с расчетом, при котором учитывают фактическую производительность аппарата, неравномерность его использования и неравномерность поступления питания. Число аппаратов зависит от выбранного типоразмера.

### 10.1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

*Дробилки*

Выбор типа и размера дробилки определяется твердостью полезного ископаемого, размерами кусков исходного и дробленого продуктов, а также необходимой производительностью.

Крупное, среднее и мелкое дробление твердых и средней твердости пород целесообразно делать в дробилках, работающих по принципу раздавливания (щековых, конусных и валковых с гладкими валками) среднего и мелкого дробления твердых и вязких пород - в дробилках, работающих по принципу раздавливания при участии истиранию (конусных и значительно реже валковых дробилках с гладкими валками).

### ЩЕКОВЫЕ И КОНУСНЫЕ ДРОБИЛКИ

производительность :  $Q = Q_K k_{\partial p} k_{\delta} k_d$ , т/ч

Загрузочная щель дробилки:  $B = (1,15 \div 1,20) D_{max}$

### валковые дробилки

производительность :  $Q = n \pi D L s \delta k$ ,  
т/ч

Условие захвата валками куска материала:

~ для дробилок ДГ  $D_B = (15 \div 20) D_{max}$   
~ для дробилок ДДЗ  $D_B = (1,5 \div 3,5) D_{max}$

### Молотковые и роторные дробилки

производительность :  $Q = N \eta e_{\partial m} k_{\partial p} k_d$ ,  
т/ч

Соотношение между диаметром ротора и максимальным размером куска в питании:

$$\begin{aligned} \sim \text{ для дробилок ДРК:} & \quad D_P = (1,7 \dots 2) D_{max} , \\ \sim \text{ для дробилок ДРС:} & \quad D_P = 3,3 D_{max} . \end{aligned}$$

### *Грохоты*

В цикле подготовительных операций по технологическому назначению различают предыдущее, поверочное, подготовительное грохочения и обесшламливание. Для этих целей применяют неподвижные и подвижные грохоты различных типов. Выбор типа грохота зависит от размера кусков исходного материала, крупности разделения, необходимой эффективности грохочения и физических свойств полезного ископаемого, из которых основная роль принадлежит плотности.

#### Неподвижные колосниковые грохоты

производительность :  $Q = F q_o a \delta k, \text{ т/год}$

минимальная ширина:  $B = 3D_{max} \div (2D_{max} + 100), \text{ мм}$

длина грохота:  $L = 2B, \text{ мм}$

Угол наклона рабочей поверхности:  $\alpha = 30 - 55^\circ$

#### Барабанные (цилиндрические) грохоты (ГБ, ГЦЛ)

объемная производительность:  $Q_o = q_o a \varphi, \text{ м}^3/\text{ч}$

#### Инерционные грохоты (ГИЛ, ГИС, ГИТ, ГИСЛ, ГИСТ)

- легкого типа Л - грохочения материалов с насыпной плотностью до 1,4 т / м<sup>3</sup>;
- среднего типа С - грохочения материалов с насыпной плотностью до 1,8 т / м<sup>3</sup>;
- тяжелого типа Т - грохочения материалов с насыпной плотностью 2,8 т / м<sup>3</sup>.

производительность:  $Q = q F, \text{ т/ч}$

объемная производительность:  $Q_o = q_o F, \text{ м}^3/\text{ч}$

Дуговые и конические грохоты (СД, ГК)

объемная производительность:

$$Q_o = 160 F_{\text{жс}} V, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Мельницы

Для измельчения полезных ископаемых применяют главным образом барабанные цилиндрические мельницы: стержневые с центральной разгрузкой (МСЦ), шаровые с центральной разгрузкой (МШЦ) и с разгрузкой через решетки (МШР), мокрого самоизмельчения (ММС) и рудногалькови (МРГ).

Тип применяемого мельницы определяется крупностью исходного материала, необходимым размером измельченного продукта, шламоутворением материала при измельчении и смачиваемостью поверхности зерен после измельчения стальным средой.

Производительность мельницы по исходной руде удельного нагрузкой:

$$Q = Vq / (\beta_K - \beta_e), \text{ т/ч}$$

производительность мельницы по исходной руде по эффективности измельчения:

$$Q = N \eta e / (\beta_K - \beta_e), \text{ т/ч}$$

Классификаторы и гидроциклоны

Гидравлические классификаторы используют для замыкания цикла измельчения, обесшламливание продуктов, разделение исходного материала перед обогащением, обезвоживание продуктов.

Гидравлические многокамерные классификаторы (КГ)

Объемная производительность:

$$Q_o = 3600 L B V, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Элеваторные и скребковые классификаторы (ЕОБ, КО)

объемная производительность:

$$Q_o = q_o F, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Спиральные классификаторы (КСН)

Производительность по сливу:  $Q_C = 4,56 m k_\beta k_\delta k_c k_a D^{1,768}$ , т/ч

Производительность по пескам:  $Q_{II} = 5,45 m k_\delta k_a D^3 n$ , т/ч

Гидроциклоны (ГЦ)

объемная производительность:  $Q_0 = 3 \cdot 10^4 k_a k d_{III} d_{СЛ} p_0^{0,5}$ , м<sup>3</sup>/ч

производительность твердому:  $Q = 200 D^2$ , т/ч

Удельная производительность гидроциклона по пескам:

$$q_{II} = Q_{II} / (0,785n d_{II}^2), \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$$

Номинальная крупность частиц слива:

$$d_H = 15 \{ D d_{СЛ} \beta / [ k d_{II} p_0^{0,5} (\delta - 1) ] \}^{0,5}, \text{ мкм,}$$

### 10.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Выбор обогатительного процесса и оборудования для его реализации определяется крупностью материала, поступающего в операцию, используемыми различиями в характеристиках минералов и технико-экономическими данными каждого конкурирующего процесса.

Суспензионные сепараторы и циклоны

Для обогащения каменного угля крупностью свыше 6 - 10 мм и руд крупностью более 3 - 5 мм применяют сепараторы, принцип действия которых заключается в использовании гравитационного поля, - колесные, конусные, барабанные. При обогащении угля и руд меньшей крупности применяют аппараты с использованием центробежного поля - гидроциклоны.

Сепараторы колесного типа (СКВ)

производительность по выходу легкого продукта:  $Q = 100 q B / \gamma_{ЛП}$ , т/ч

производительность по выходу тяжелого продукта:  $Q = 0,06 w n z k \delta$ , т/ч

Конусные сепараторы (Д)

производительность:  $Q = q F \approx 0,8 q D^2$ , т/ч

барабанные сепараторы (СБС, СБЕ)

производительность:  $Q = q F \approx 0,6 D^2$ , т/ч

суспензионные циклоны (ГТ)

производительность:  $Q = 200 D^2$ , т/ч

отсадочные машины (МО, ОПМ, МОД)

Выбор типа отсадочной машины определяется составом перерабатываемого сырья, крупностью питания, производительностью в операции и требованиями к продуктам обогащения.

производительность:  $Q = q F$ , т/ч

Концентрационные столы (СКО, СКПМ)

Концентрационные столы предназначены для разделения измельченных рудных ископаемых по плотности при крупности материала 0,01-3 мм.

Концентрационные столы имеют малую удельную производительность и поэтому используются, главным образом, для перечистки концентратов.

производительность:  $Q = 0,1 m \delta_{\text{вих}} [F d_{\text{ср}} (\delta_T - 1) / (\delta_L - 1)]^{0,6}$ , т/ч

Винтовые сепараторы и шлюзы (СВ, ШВ)

Винтовые сепараторы и шлюзы применяют для извлечения истинно-тяжелых минералов из коренных и россыпных руд и дополнительного извлечения ценных минералов с высокой плотностью из отходов флотационного или магнитного обогащения.

производительность:  $Q = k_0 \delta_{\text{вих}} D^2 m [d_{\text{max}} (\delta_T - 1) / (\delta_L - 1)]^{0,5}$ , т/ч

*Струйные конусные сепараторы (СК)*

Струйные аппараты получили широкое распространение в практике обогащения песков из россыпей морского происхождения.

производительность:  $Q = k_K F d_{\text{cp}} (\delta_T - 1) / (\delta_L - 1)$ , т/ч

*Сепараторы магнитные (ПБС, ЕБМ, ЕВС...)*

Магнитные и электромагнитные сепараторы применяют для обогащения руд, которые имеют магнитные свойства, для регенерации ферромагнитных суспензий, а также для очистки различных немагнитных руд и материалов от магнитных примесей.

производительность:  $Q = qn (L - 1)$ , т/ч

*флотационные машины (МФУ, ФМ...)*

Выбор типа флотационной машины осуществляется на основе технико-экономического сравнения и с учетом конструктивных и технологических особенностей каждого из конкурирующих вариантов.

Число камер:  $n = [k Q (1 + R \delta) \tau] / (60 k_3 V \delta)$

*промывочные машины (ГБ, СБ, К, МБМ...)*

Необходимым условием подготовки россыпей и осадочных руд к обогащению является освобождение их от глины, дезинтеграция и отделения которой осуществляется промывкой.

производительность:  $Q = N \eta / q$ , т/ч

#### 10.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ заключительных операций

Заключительные операции в схемах переработки полезных ископаемых предназначены для обезвоживания продуктов обогащения с целью снижения их влажности до кондиционной, а также для регенерации оборотных вод обогатительной фабрики.

Выбор метода обезвоживания зависит от характеристики материала обезвоживается (начальной влажности, гранулометрического и минералогического составов) и требований к конечной влажности.

##### Обезвоживающие элеваторы (ЕО)

Обезвоживающие элеваторы применяют в первой стадии обезвоживания кусковых и зернистых продуктов. Обезвоживание материала происходит при транспортировке с классификаторов, багер-зумпфов, отсадочных машин, шлюзов, шнековых сепараторов.

производительность:

$$Q = 3,6 w \delta k_3 V / l, \text{ т/ч}$$

##### *Обезвоживающие грохоты*

Обезвоживание на грохотах подвергается большая часть продуктов обогащения угля крупностью более 0,5 мм: крупный и мелкий концентрат, крупнозернистый шлам, промпродукт и отходы.

Производительность рассчитывается в зависимости от типа – ГК, СДО, ГИСЛ

##### *Центрифуги (ФВВ, ФВИ, ФВШ, ОГШ)*

*Фильтрующие центрифуги применяются во второй стадии обезвоживания угольных концентратов и промпродуктов крупностью 0,5-13 мм.*

*Шнековые отсадочные центрифуги применяются для обезвоживания тонких необогащенных шламов, флотационных концентратов и, в отдельных случаях, отходов флотации. Для обезвоживания флотационных концентратов,*

которые трудно фильтруются, и шламов применяется отсадочных-фильтрующие центрифуги.

Производительность фильтрующих и отсадочных центрифуг определяется по данным каталогов и справочников с учетом конкретных условий эксплуатации и опыта работы предприятий-аналогов.

#### *Загустители (Ц, П, С-10)*

Загустители на обогатительных фабриках предназначены для сгущения различных пульп, содержащих твердые частицы малой крупности (шламы). Кроме того, в результате сгущения пульп осуществляется прояснения оборотной воды, что позволяет уменьшить забор свежей воды из внешних источников водоснабжения и предотвратить загрязнение рек и водоемов.

производительность:

$$Q = q F, \text{ т/ч}$$

объемная производительность:

$$Q_o = q_o F, \text{ м}^3/\text{ч}$$

#### *Фильтры (ДУ, БОУ, ВУ, ЛОП, ФКП)*

Выбор типа фильтра определяется характеристикой крупности твердой фазы, ее плотностью, необходимыми производительностью и влажностью.

производительность:

$$Q = q F, \text{ т/ч}$$

#### *Сушилки (СБ, ТС, СКС)*

Конечной стадией обезвоживания мелких и тонких продуктов обогащения в кондиционных требований является сушка. Для сушки продуктов обогащения применяются главным образом барабанные сушилки, трубы-сушилки и сушилки кипящего слоя.

Выбор типа сушилки осуществляется технико-экономическим сравнением конкурирующих вариантов.

#### *Сушилки барабанные и трубы-сушилки*

Необходим суммарный объем:

$$V_{\text{заг}} = Q (R_1 - R_2) / w, \text{ м}^3$$

#### *Сушилки кипящего слоя*

Необходимая площадь решет:

$$F_{\text{заг}} = Q (R_1 - R_2) / w, \text{ м}^2$$

Литература к разделу 10: [1] с. 208 – 320, [2] с. 135 – 208.

## 11 ПРОЕКТНО-КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЦЕХОВ И ОТДЕЛЕНИЙ ЗФ

### 11.1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТНО-КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ

Проектно-компоновочные решения производственных и вспомогательных цехов должны обеспечить наиболее экономичные условия эксплуатации фабрики с максимальной механизацией и автоматизацией всех процессов при минимальных капитальных затратах, а также обеспечить здоровые и безопасные условия труда.

Основные принципы компоновки:

- минимальное число машин, потоков и секций,
- максимальная унификация оборудования,

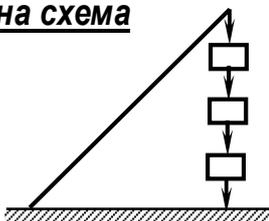
- использование взаимозаменяемых однотипных аппаратов,
- группировки аппаратов для одинаковых операций,
- крупногабаритное и тяжелое оборудование располагать на нулевых отметках,

- максимальное использование самотечного транспорта,
- обеспечения удобства обслуживания и ремонта оборудования,
- обеспечение нормальной освещенности цехов ЗФ,
- соблюдение правил техники безопасности,
- учета строительных нормативов проектирования,
- недопущения избыточности площадей и объемов строений.

## 11.2 СХЕМЫ КОМПОНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ

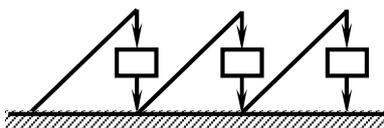
При проектировании обогатительной фабрики могут быть применены три схемы размещения оборудования: высотная (вертикальная), вертикальная (плоскостная) и комбинированная (каскадная).

### Высотна схема



Преимущества: малая площадь, занимаемая фабрика; максимальное использование самотека.  
Недостатки: большая нагрузка на колонны здания; небольшая величина пролета между колоннами (до 7,5 м); неблагоприятные условия для использования крупных грузоподъемных механизмов и обеспечения нормальной освещенности в цехе.

### Горизонтальна схема

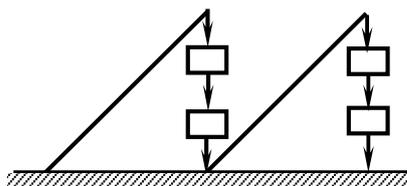


Преимущества: недостатки высотной схемы.

Недостатки: преимущества высотной схемы.

### Комбінована схема

Преимущества: фабричные дома компактные в плане; имела загруженность каркаса здания; использование больших грузоподъемных механизмов; нормальные условия для естественного освещения цеха.



### 11.3 СХЕМА КОМПОНОВКИ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

#### Приемные устройства сырья

Приемные устройства сырья (руды, уголь) как самостоятельные объекты предусматриваются на фабриках, перерабатывающих полезные ископаемые нескольких месторождений, при расположении фабрики на значительном расстоянии от горнодобывающего предприятия. Приемные устройства, удаленные от цеха дробления, проектируются для обогащаемого материала крупностью не крупнее 350 - 400 мм, что позволяет транспортировать его ленточными конвейерами.



**Приемные устройства i типа** - применяются на зф производительностью 3 - 4 млн. Т / год при выгрузке сырья  $d_{max} = 350 - 450$  мм с думпкаров грузоподъемностью до 140 т. Время разгрузки вагона - 1,5 - 4 мин.

**Приемные устройства ii типа** - применяются на зф производительностью 3 - 15 млн. Т / год при выгрузке сырья  $d_{max} = 350$  мм из вагонов грузоподъемностью до 125 т вагоноопрокидывателями производительностью 4 - 5 млн. Т / год.

**приемные устройства iii типа** - применяют при поступлении сырья  $d_{max} = 350$  мм в грузовых вагонах на один или два пути нормальной или узкой колеи. Фронт и емкость бункеров определяются продолжительностью разгрузки маршрутного состава и производительностью конвейера.

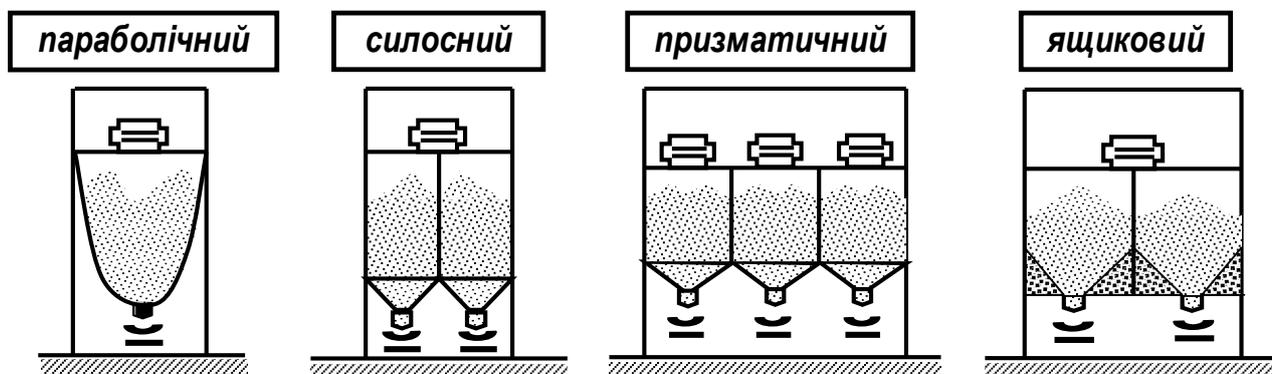
**приемные устройства iv типа** - предназначены для приема сырья  $d_{max} = 350 - 400$  мм с подвесных канатных дорог. Производительность одной «нити» канатной дороги в 3 млн. Т / год.

**приемные устройства v типа (наземный состав)** - предназначены для приема руды  $d_{max} = 350 - 450$  мм содержащий много

### Бункеры

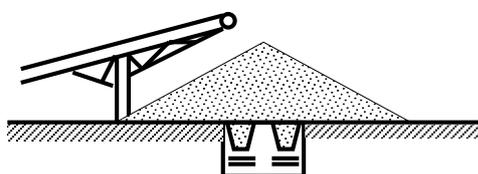
Бункеры и склады сырья и концентратов на обогатительной фабрике предназначены для обеспечения условий максимальной ритмичности работы при несовпадении режимов работы горнодобывающего предприятия и фабрики, корпусов дробления и обогащения, корпуса обогащения и отделения отгрузки готовой продукции. Бункеры и склады используют также для усреднения складированного в них материала и распределения его по отдельным аппаратам и секциям.

#### Классификация бункеров по форме:

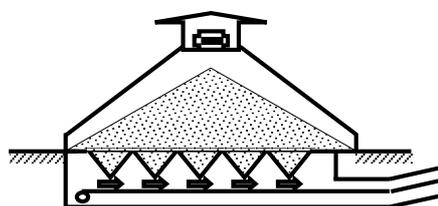


Классификация бункеров по назначению и их вместимость:

- приёмные бункеры  $G = k_3 G_{TC}, \text{ Т}$
- аккумулирующие бункеры  $G = k_3 Q_M t_B, \text{ Т}$
- распределительные бункеры  $G' = Q_P t_{II} k_3, G = n G', \text{ Т}$
- погрузочные бункеры  $G = m (z G_B + t - t'Q), \text{ Т}$
- обезвоживающие бункеры  $G = m [z G_B + (t + t_0 - t')Q], \text{ Т}$



Наземный состав с точечным загрузкой или с загрузкой передвижным штабелеры



Наземный состав напобункерного типа

Типовые конструктивные схемы концентратно складов

Склады концентрата обеспечивают бесперебойную работу фабрики и сглаживают несогласованности в подаче позафабричного транспорта.

Вместимость концентратно складов колеблется от пяти до пятнадцатидобовой производительности фабрики по готовой продукции и зависит от расстояния между обогатительной фабрикой и потребителем ее продукции и регулярности подачи вагонов под погрузку.

Тип склада определяется крупностью, влажностью и ценностью концентратов, а также необходимым его вместимостью. Открытые склады большой вместимости сооружаются для хранения менее ценных и достаточно крупных концентратов, которые получают при гравитационных

**Концентрат**

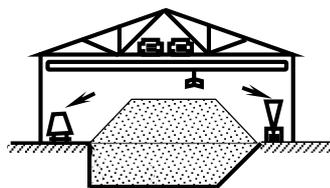


Схема безбункерного або бункерного відвантаження концентрату (без концентрат

процессах (например, угольные, железные, марганцевые концентраты). Мелкие концентраты, чтобы избежать их распыления, хранят на закрытых складах.

Способ разгрузки концентрата выбирается в зависимости от слеживаемости концентрата, определяется его крупности и влажности.

Способ заполнения склада в большинстве случаев определяется способом его разгрузки. Открытые и закрытые склады заполняются конечно ленточными конвейерами. Часто загрузки склада осуществляется теми же механизмами, что и разгрузки (скрепер, экскаватор, грейферный кран).



**Закрытые склады с мостовым грейферным краном применяются для хранения влажных мелких концентратов.**



**Открытые эстакадные склады с экскаваторной разгрузкой применяются для хранения крупных**



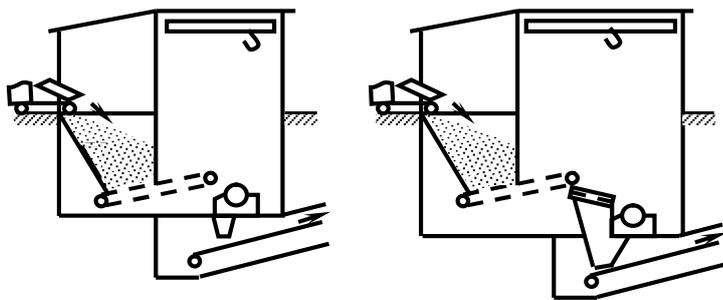
**Наплавбункерные составы применяются для хранения крупногрудковых концентратов. . .**

#### 11.4 СХЕМА КОМПОНОВКИ КОРПУСОВ ДРОБЛЕНИЕ

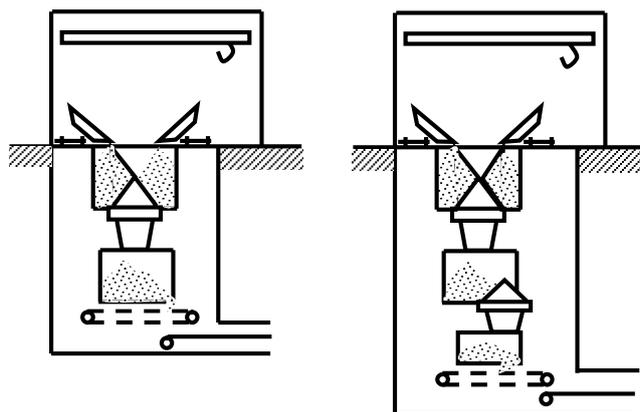
##### Корпуса крупного дробления

В большинстве случаев корпуса крупного дробления сочетают с приемными устройствами сырья. Для руды, содержащей куски размером более 400 - 500 мм, приемных бункеров большой вместимости обычно не строят. Руду в дробилку загружают или непосредственно из вагонов (дробилки КПД-1500/180) и автосамосвалов (дробилки КПД-1200/150), или питателем тяжелого типа из бункера небольшой вместимости (дробилки типов ЩДП и ЩДС).

Типовые схемы компоновочных решений корпусов крупного дробления.



Корпуса крупного дробления, оборудованы щековая дробилка, проектируются при осуществлении в корпусе одной стадии дробления.



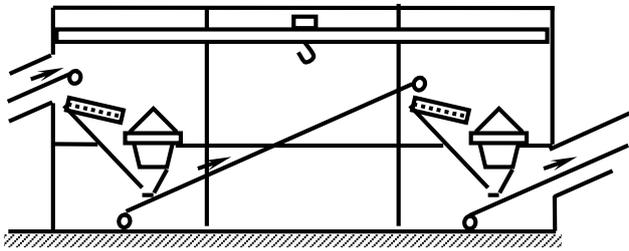
Корпуса крупного дробления, оборудованы конусные проектируются при осуществлении в корпусе одной или двух стадий дробления.

### Корпуса среднего и мелкого дробления

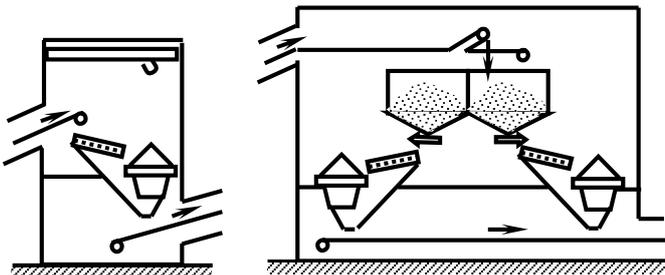
Компоновка оборудования в цехах среднего и мелкого дробления зависит от схемы дробления, производительности обогатительной фабрики, числа дробилок и грохотов в отдельных операциях, рельефа промышленной площадки, наличия или отсутствия состава (или бункеров) крупнодробленой руды.

Как правило, компоновочные решения предусматривают сочетание отделений среднего и мелкого дробления с одноярусные расположением дробилок. Каскадное расположение дробилок в современной практике применяется редко при обоснованном исключении замкнутого цикла

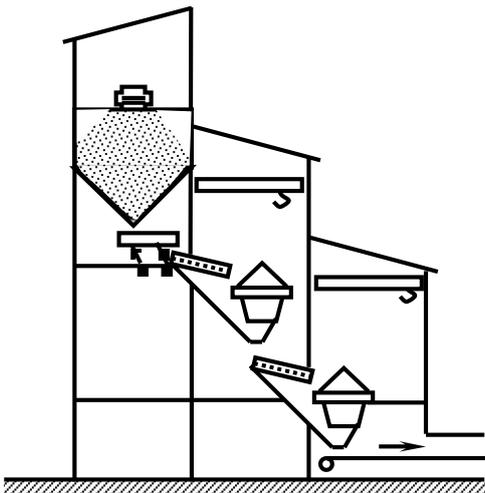
дробления, при дроблении с промывкой, при расположении среднего и мелкого дробления непосредственно при шахте (в этом случае крупное дробление осуществляется под землей) и в других особых случаях.



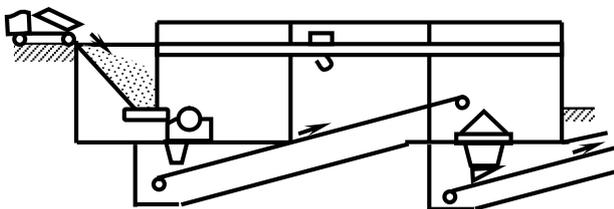
**1-й вариант** - дробилки группируются в параллельно работающие агрегаты, в каждом из которых на 1 дробилку среднего дробления приходится 1 - 2 дробилки мелкого дробления. Транспортировка руды в каждом агрегате осуществляется ленточным



**2-й вариант** - дробилки группируются в аналогичные агрегаты, но дробилки среднего дробления связанные с дробилками мелкого дробления через



**3-й вариант** - дробилки также группируются в агрегаты, которые работают параллельно, но рудя транспортируется желобами самотеком. Дробилки в этом случае располагаются каскадные.



Для фабрик малой производительности (250 - 300 т / ч) корпус крупного и среднего дробления проектируется в одной створке

## 11.5 ПРОЕКТНО-КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЦЕХОВ И ОТДЕЛЕНИЙ ЗФ

### 11.5.1 СХЕМА КОМПОНОВКИ ГЛАВНОГО КОРПУСА ЗФ

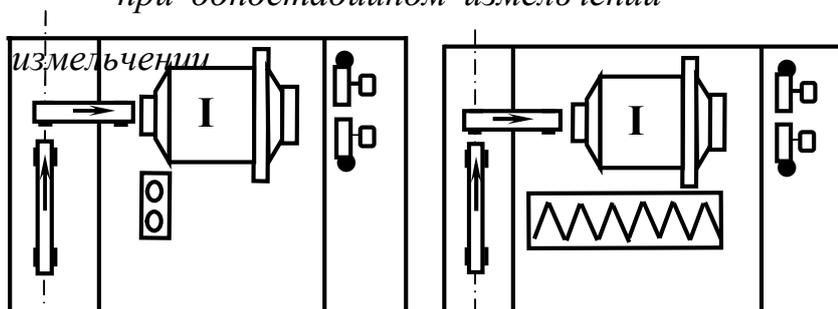
Главные корпуса обогатительных фабрик, как правило, включают бункерный пролет, отделения измельчения и обогащения (для размещения флотационного, магнитного, гравитационного оборудования). На фабриках малой и средней производительности в главном корпусе размещают также отделения обезвоживания (сгущение и фильтрование), а иногда и отделения сушки концентратов.

#### Отделение измельчения

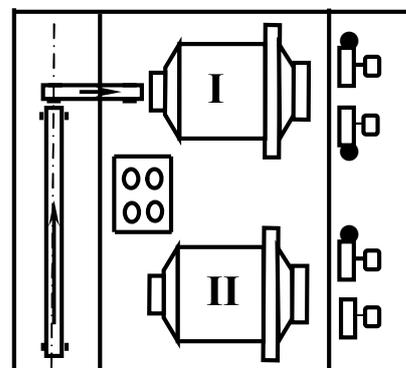
В зависимости от схемы измельчения, типа и числа мельниц в секции (стержневые, шаровые, рудно-галечные, рудного самоизмельчения), классификационного оборудования, грохотов и (в отдельных случаях) дробилок, необходимой площади для размещения обогатительных аппаратов (флотационных машин, сепараторов и т. п.), а также рельефа и грунтовых условий площадки строительства фабрики может применяться однорядное или двухрядное компоновки с поперечным, продольным или смешанным расположением мельниц.

#### Схемы однорядного компоновки мельниц в секциях

*при одностадийном измельчении*



*при двухстадийном*



Схемы двухрядного компоновки мельниц в секциях при двухстадийном  
измельчении

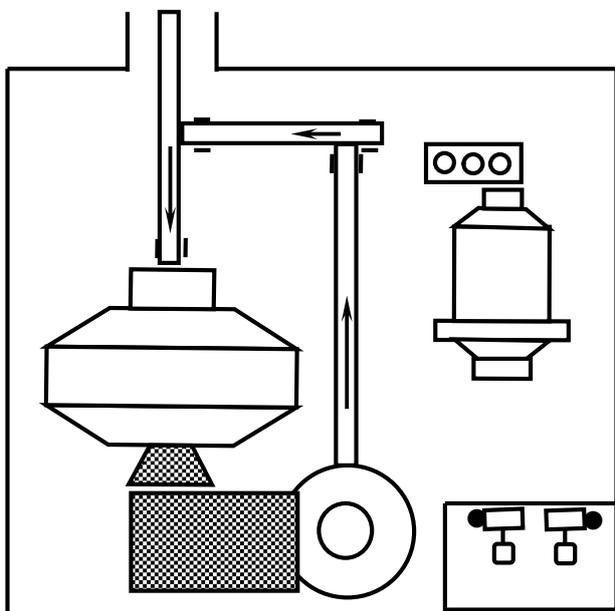
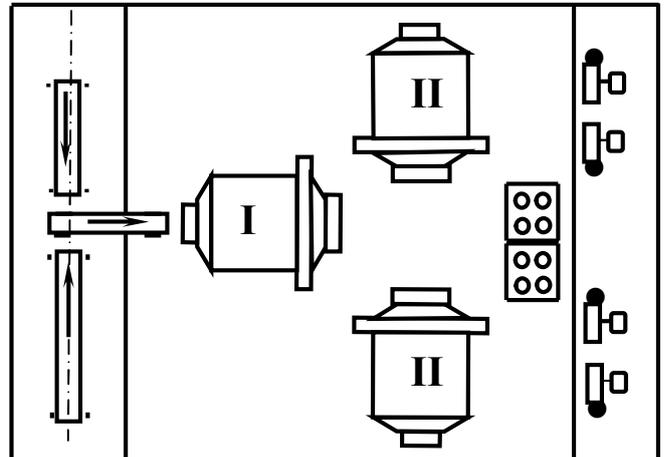
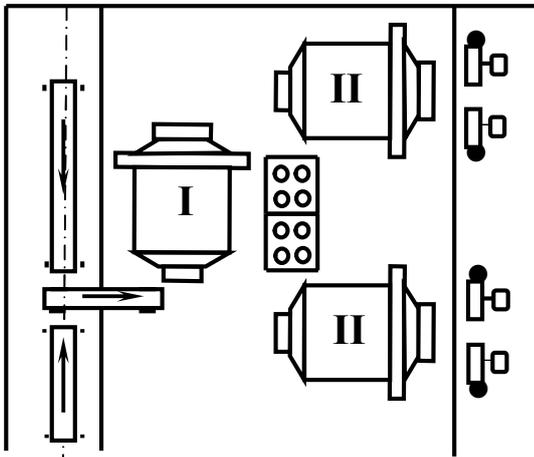
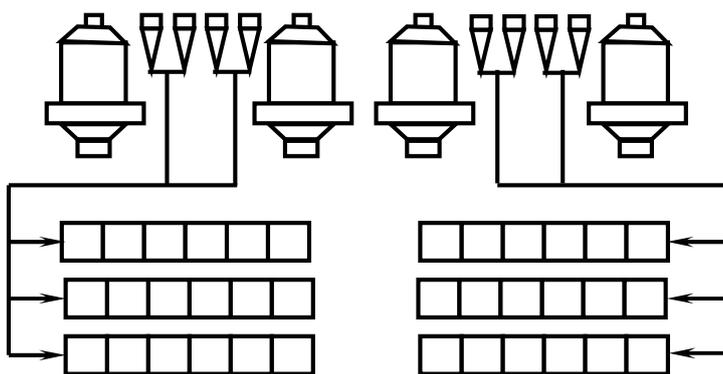


Схема компоновки  
отделения измельчения с  
мельницами типа «Каскад»:

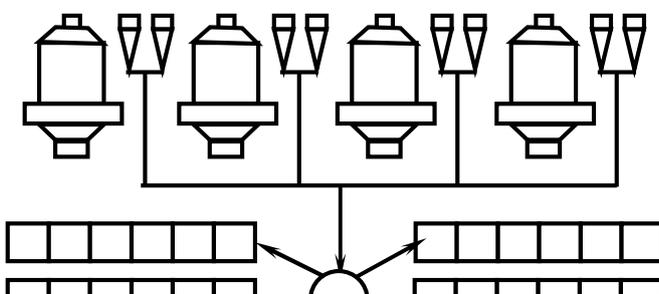
### Отделение флотации

В отделении флотации, кроме флотационных машин, размещают насосы, контактные чаны, реагентные питатели, воздуходувки (при применении пневматических или пневмомеханических флотационных машин). Наибольшая площадь в отделении флотации нужна для размещения флотационных машин, поэтому в первую очередь они должны быть установлены компактно, но с учетом удобства их обслуживания и ремонта.

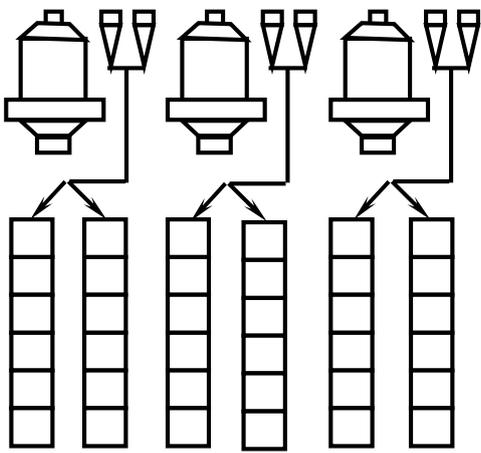
### Принципиальные компоновочные решения отделений измельчения и флотации



**Многосекционных  
компоновки с поперечным  
расположением  
флотационных машин**

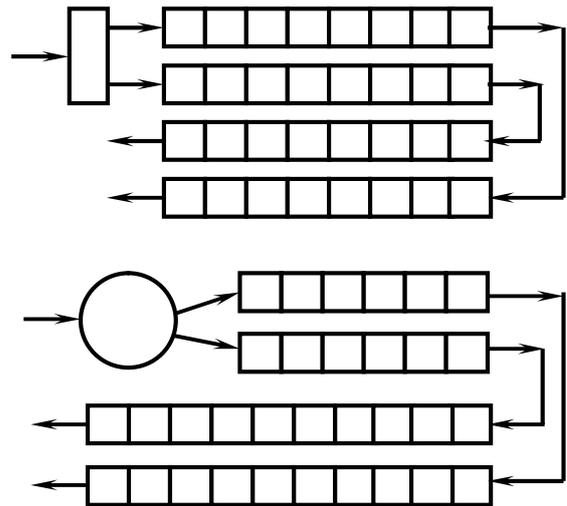


**Моносекционные компоновки  
с поперечным  
расположением  
флотационных машин**



*Многосекционных компоновки с продольным размещением флотационных машин.*

*Схемы размещения флотационных машин с пульпороздильником и контактным чаном*

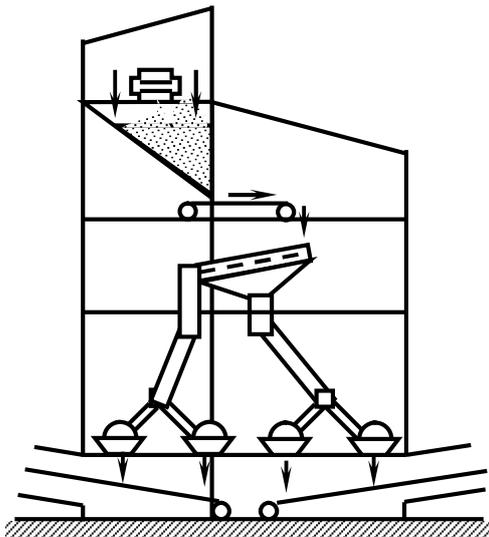


*Схема компоновки главного корпуса флотационной*

*ОФ*



Отделение магнитного обогащения

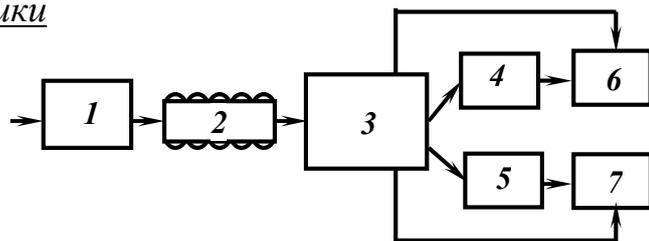


**Схема компоновки корпуса  
сухой магнитной сепарации:**



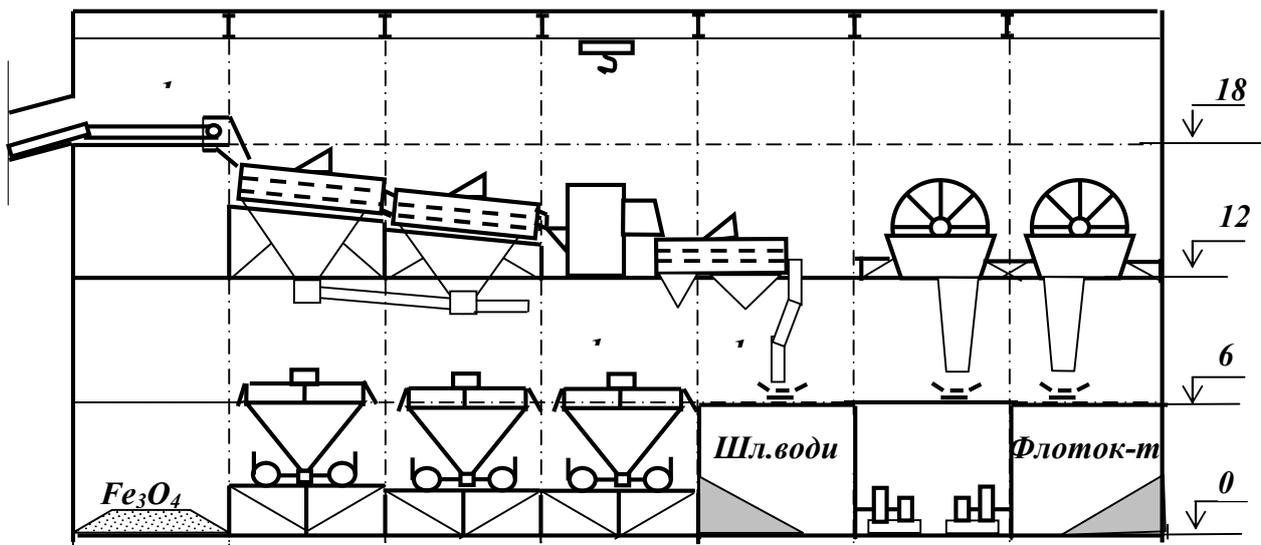
*Схема компоновки главного корпуса  
магнетозбагачувальной фабрики для переработки  
магнетитовых кварцитов*

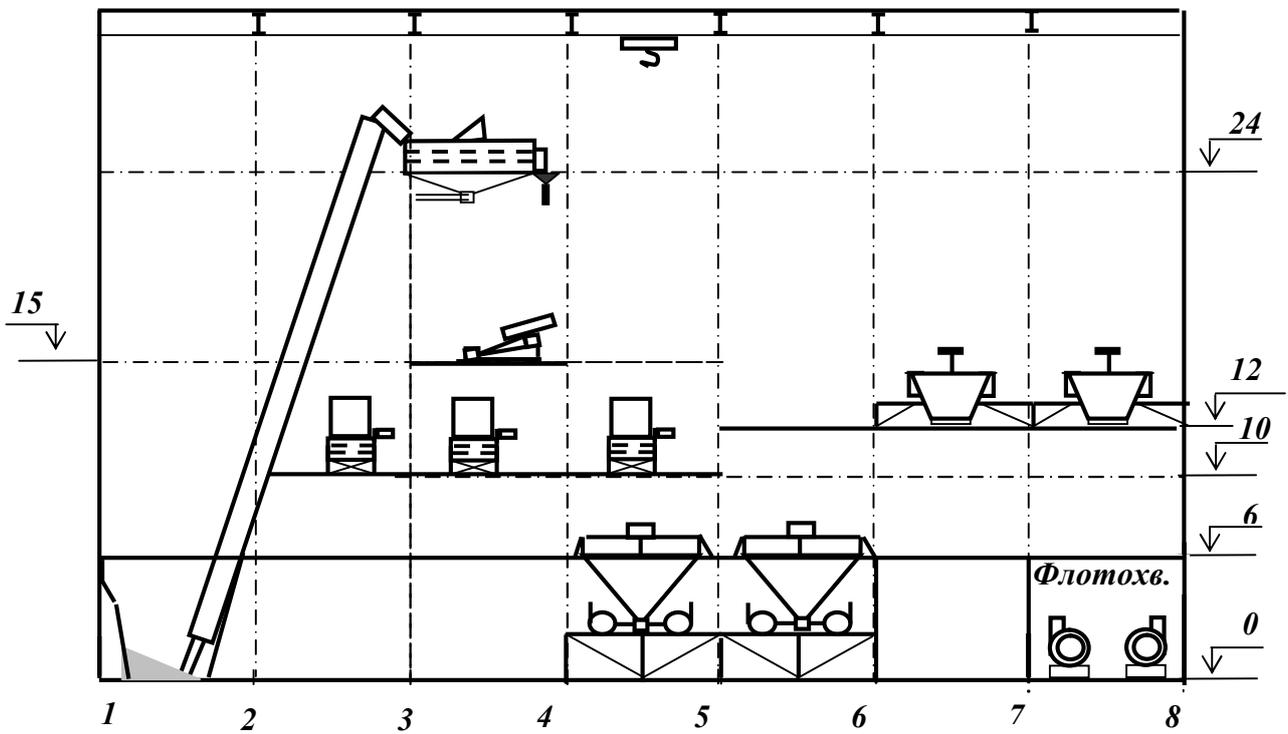
Углеобогатительные фабрики



**Основные технологические объекты углеобогатительной фабрики:**  
**1 - отделение приема угля; 2 - полутвердых аккумулярующие бункеры; 3 - главный корпус; 4 - фильтр-прессовое отделение; 5 - сушильный корпус; 6 - отвал; 7 - состав концентрата.**

Схемы компоновки главного корпуса углеобогатительной фабрики





Гравитационные обогатительные фабрики

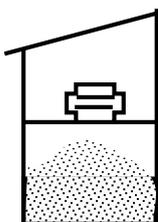


Схема компоновки гравитационной фабрики:

***Гравитационные 3Ф komponуются с использованием самотечного транспорта основного потока материала.***

## 11.6 СХЕМА КОМПОНОВКИ ОТДЕЛЕНИЕ СГУЩЕНИЕ, ФИЛЬТРОВАНИЕ И СУШКИ

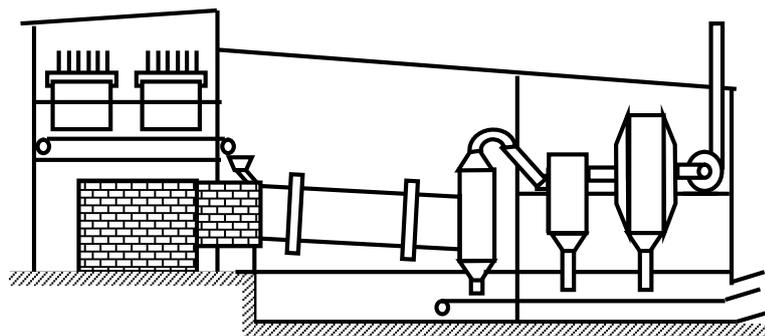
Выбор компоновочного решения отделения сгущения в значительной степени зависит от производительности фабрики и, следовательно, от диаметра и числа намечаемых к установлению загустителей.

На рудных обогатительных фабриках фильтровальное и сушильное отделение обычно располагают в одном помещении, так как обезвоженные на фильтрах концентраты трудно транспортировать ленточными конвейерами на большие расстояния. На углеобогатительных фабриках отделения фильтрации размещают в главном корпусе, а отделение сушки - в отдельном помещении.

На обогатительных фабриках малой производительности или крупных фабриках, но с малым выходом концентратов, оборудование для сгущения, фильтрации, сушки и складирования обезвоженных концентратов размещают в главном корпусе.

Составы для концентратов проектируют закрытыми, отделенными для каждого типа концентратов.

Схема компоновки оборудования в фильтровально-сушильном отделении ОФ



## 11.7 ОСОБЫЕ СЛУЧАИ КОМПОНОВКИ

Размещение оборудования в подземных горных выработках

После отработки месторождения или его части подземные горные выработки могут быть использованы для размещения в них оборудования обогатительной фабрики. На таких ЗФ компоновочные решения предусматриваются:

- максимальное использование рудоспусков для самотечного транспорта,
- размещение оборудования в самостоятельных камерах,
- использование выработок для технологических и инженерных коммуникаций.

Размещение оборудования на открытых площадках

На открытых площадках проектируют:

- приемные бункеры в корпусах крупного дробления,
- загустители диаметром более 12 м (при  $t \leq -30^{\circ}\text{C}$ ),
- сушильные барабаны длиной не менее 30 м (при  $t \leq -16^{\circ}\text{C}$ ).

Размещение оборудования в неотапливаемых зданиях

В неотапливаемых зданиях проектируют:

- шатре корпусов крупного дробления, оборудованных конусными дробилками размером не менее 1500 мм (при  $t \leq -30^{\circ}\text{C}$ )
- склады слабозмерзающих и сыпучих материалов; галереи ленточных конвейеров для продуктов сухого дробления; корпуса крупного, среднего и мелкого дробления материалов, не требующих интенсивного гидрознепилювания (при  $t \leq -16^{\circ}\text{C}$ ).

## 11.8 НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Существуют нестационарные обогатительные фабрики двух типов - сборно-разборные и передвижные.

Сборно-разборные обогатительные фабрики

Сборно-разборные обогатительные фабрики (называемых также инвентарными) монтируются в домах из легких типовых конструкций, собираемых на болтовых соединениях. Технологические схемы этих фабрик представлены в несколько сокращенном объеме. Аппаратурное оформление схемы состоит из серийного оборудования в модульном исполнении, позволяет осуществить оперативный монтаж и демонтаж, изменяя тем самым технологию в соответствии со свойствами полезного ископаемого.

Фабрики работают с использованием вахтового метода работы обслуживающего персонала. Режим работы фабрики: 250 рабочих дней в году, пятидневная рабочая неделя, дробильное отделение работает 2 смены в сутки по 7:00, другие отделения - 3 смены по 8:00.

#### передвижные фабрики

Некоторые мелкие месторождения золотых, вольфрамовых, оловянных, молибденовых и других дефицитных руд, содержащих более 1% металлов не могут быть использованы вследствие нерентабельности их освоения традиционными способами.

Создание передвижных обогатительных фабрик (называемых также мобильными и караванными) с сезонным режимом работы позволяет освоить в кратчайшие сроки одновременно несколько небольших, но богатых месторождений и получить концентраты с большим выходом.

Передвижные фабрики представляют собой комплектные секции, набираются из необходимого числа передвижных платформ и переносных рам с установленным на них соответствующим технологическим и вспомогательным оборудованием под заданную производительность и принятую технологию переработки полезных ископаемых. Из секций можно комплектовать передвижные фабрики флотационного, гравитационного, а также смешанного типов.

## 11.9 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СЛУЖБЫ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

### Реагентное отделения

Исходя из номенклатуры применяемых реагентов, в реагентная отделении предусматривают помещения для их хранения и приготовления.

В состав реагентного хозяйства ЗФ входят: склады сухих и жидких реагентов и масел; реагентное отделения, предназначенное для приготовления растворов реагентов необходимой концентрации; дозировочная площадка, оборудованная расходными бачками и питателями реагентов и размещаемая вблизи флотовиддления.

На фабриках средней и малой производительности реагентное отделения располагают в пристройке, связанной с бункерами главного корпуса, на фабриках большой производительности - в отдельном помещении.

### Ремонтно-механическая служба

В составе фабрики предусматриваются ремонтно-механические мастерские общего и специального назначения, а в корпусах - ремонтно-монтажные площадки и пункты, обслуживаемых подъемно-транспортными механизмами.

На обогатительных фабриках применяют такие виды ремонта: индивидуальный, сменно-узловой, машинно-сменный, секционный и регламентирован. Использование какого-либо метода ремонта зависит от времени, необходимого на монтаж и демонтаж узлов или оборудования в целом. Предпочтение отдается метода, обеспечивающего минимальный простой оборудования при ремонте.

### Фабричная лаборатория

Фабричная лаборатория объединяет две лаборатории: обогатительную и экспресс-лабораторию контроля технологического процесса.

Обогатительная лаборатория предназначена для предварительных испытаний обогатимости отдельных разновидностей полезных ископаемых, перерабатываемых на ЗФ; исследования отдельных операций и узлов

технологической схемы ЗФ для установления оптимальных режимов обработки; исследования новых реагентных режимов.

Экспресс-лаборатория служит для оперативного контроля качества и количества полезного ископаемого и продуктов обогащения; контроля концентрации реагентов в приготовленных растворах и остаточных концентраций в пульпе; контроля ионного состава жидкой фазы пульпы.

Фабричная лаборатория размещается в главном корпусе обогатительной фабрики или в помещении центральной химической лаборатории.

Литература к разделу 11: [1] с. 348 – 475, [2] с. 209 – 254.

## 12 ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ОФ

### 12.1 ВЫБОР ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОФ

Выбор района и конкретной площадки строительства обогатительной фабрики осуществляется на стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) и оформляется актом о выборе площадки. Место расположения фабрики должно обеспечить:

- экономичные и надежные условия транспортировки сырья и концентратов, складирования отходов и производственного водоснабжения;
- ритмичность и надежность эксплуатации фабрики и породного хозяйства;
- удобные и безопасные транспортные связи между фабрикой и жилым поселком;
- соответствие требованиям по охране окружающей среды и использованию природных ресурсов.

Размещение фабрики не допускается:

- в зонах оползней, селей, паводков, снежных лавин и активного карста;
- в опасных зонах отвалов породы угольных и сланцевых шахт, на участках, загрязненных радиоактивными отходами;
- в зонах санитарной охраны источников питьевого водоснабжения, на территориях лесов и лесопарков и на землях заповедников и их охранных зон.

Относительно месторождения полезного ископаемого и завода-потребителя концентратов возможны три варианта расположения площадки обогатительной фабрики:

- наиболее экономичный вариант расположения обогатительной фабрики при руднике, особенно если производительность фабрики по концентрата мала,
- Если руда богата, выход концентрата и производительность фабрики большие, то экономичнее расположить обогатительную фабрику на территории завода.

● Если по каким-то причинам разместить обогатительную фабрику при руднике или заводе нельзя, то нужно стремиться построить ее на минимальном расстоянии от них. Оптимальное расположение обогатительной фабрики, получает сырье из нескольких рудников, определяется из условий минимальных затрат на транспортировку сырья и концентратов.

Размеры и конфигурация промышленной площадки должны допускать размещения зданий и сооружений в соответствии ходу технологического процесса, а также возможность расширения фабрики. Площадка должна удобно присоединяться к ближайшей железнодорожной станции или автомобильной дороги. По возможности площадка должна располагаться вблизи населенного пункта, сетей водо- и энергоснабжения, а также других предприятий, с которыми фабрика может кооперироваться с различных производственных и коммунально-бытовых вопросов.

Расположение зданий и сооружений на площадке обогатительной фабрики проектируется с учетом «розы ветров». В соответствии с

действующими нормами проектирования установлены следующие размеры санитарно-защитных зон:

- от обогатительных фабрик для металлических руд без горячей обработки, фабрик с мокрыми процессами и вуглебрикетных фабрик - 300 м;

- от карьеров открытых работ, отвалов и складов при добыче и переработке доломитов, магнезита, асбеста, руд металлов и металлоидов, за исключением свинцовых, мышьяковых и марганцевых - 300 м;

- от карьеров открытых работ, отвалов и складов при добыче и переработке горючих сланцев, антрацитов, каменных и бурых углей, железных руд, фосфоритов, апатитов, колчеданов - 500 м;

- от карьеров открытых работ, отвалов и складов при добыче и переработке свинцовых, мышьяковых и марганцевых руд - 1000 м.

В санитарной зоне допускается размещение пожарных депо, гаражей, складов, административных и торговых зданий и т.п. Территория санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена.

## 12.2 ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА

Основой для проектирования генерального плана обогатительной фабрики является ситуационный план (рис. 11.1), для составления которого используются картографические планы в масштабе М 1: 10000 или М 1: 25000.

Основной задачей разработки ситуационного плана является выбор рационального места расположения обогатительной фабрики.

Генеральным планом обогатительной фабрики называется план взаимного расположения зданий, сооружений, складов, железнодорожных путей, безрельсовых дорог и других коммуникаций.

Главной частью генерального плана является схема сооружений, фиксирует взаимное расположение основных производственных цехов и их транспортные связи, а также сооружений для подачи сырья на фабрику и отгрузки концентратов. При разработке генерального плана и схемы сооружений руководствуются следующими положениями:

- схема сооружений должна быть простой, компактной и обеспечивать кратчайшие пути продуктов;
- приемной и отгрузочные устройства, склады располагаются при минимальной длине железнодорожных путей;
- цеха и сооружения, однородные по технологии, противопожарными требованиями и т.п., сочетающиеся на отдельных участках территории, то есть соблюдать принцип зонирования;
- здания и сооружения размещают компактно; небольшие здания целесообразно объединить в один блок (корпус) правильной формы в плане;
- сооружения необходимо размещать с учетом санитарно-технических требований по освещенности, вентиляции и др. ;
- вспомогательные помещения, трансформаторные подстанции, вентиляторные установки, насосные, промежуточные и расходные склады стоит встраивать в здания основных производственных цехов;
- вспомогательные цеха и склады располагают как можно ближе к основным цехам обслуживаемых ими;
- цеха по повышенным образованиям пыли и газа размещают на границе промышленной площадки и с подветренной стороны;
- дороги и проезды должны быть прямолинейными, а правильности очертания строений - иметь правильную форму;
- проезды и разрывы между зданиями, сооружениями и транспортом должны удовлетворять требованиям габаритов приближения строений к путям транспорта, противопожарные и санитарные нормы;
- инженерные сети различного назначения следует прокладывать в общих траншеях, каналах, коллекторах, с соблюдением правил техники безопасности, санитарных и противопожарных требований;
- территория промышленной площадки обогатительной фабрики должна быть максимально использована под застройку.

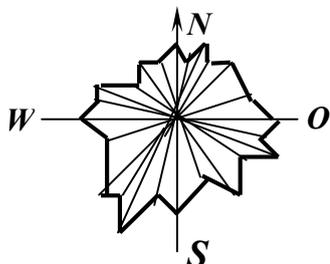
## 12.3 НОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА

Основа планировочных решений генерального плана ЗФ (М 1: 500, М 1: 1000 и М1: 2000) - технологическая схема переработки полезного ископаемого и применяемые процессы обогащения.

Расстояния между корпусами определяются требованиями санитарных и противопожарных норм, а также допустимыми углами наклона ленточных конвейеров в зависимости от крупности материала (14 - 20о).

### Санитарные разрывы

- между строениями с естественным освещением должны быть не менее наибольшей высоты до верха карниза противоположных зданий и сооружений;
- от открытых складов угля и других горючих материалов в производственных и вспомогательных зданиях должны быть не менее 50 м;
- цеха и отделения фабрики с повышенным выделением вредных выбросов (пыли, дыма) должны располагаться с подветренной стороны по отношению к другим объектам.



**Подветренную сторону определяет по графику «розы ветров» теплого периода года, исходя из преобладающего направления**

Противопожарные разрывы между производственными зданиями и сооружениями ЗФ при их огнестойкости I и II степеней:

- при низкой взрывной и пожарной опасности производства (категории Д и Г) - не нормируются;
- при категориях производства Б и В, к которым относят некоторые углеобогадательных фабрик, маслостанции, реагентные отделения, минимальные разрывы устанавливаются 9 - 12 м;

- разрывы между зданиями фабрики и складами топлива, горюче-смазочных и легковоспламеняющихся материалов устанавливаются 18 - 42 м в зависимости от огнестойкости зданий и вместимости складов.

Железнодорожный внутризаводской транспорт:

- уклоны железнодорожных путей не должны превышать 0,03 (доп. - 0,04)
- максимальный радиус закругления путей - 1000 м, min - 250 м (доп. 150 м)
- нормальное расстояние между осями двух путей широкой колеи - 4100 - 5000 мм, узкой - 3000 - 3500 м.

Внутризаводские автодороги

- ширина главных заводских улиц - 20 - 30 м, ширина тротуаров - 1,5 м;
- дороги должны обеспечивать также своевременный и беспрепятственный подъезд пожарных автомобилей;
- при ширине зданий до 18 м автодороги должны обеспечить подъезд к ним с одной стороны, при ширине здания более 18 м - с обеих сторон;
- пересечения автодорог между собой и с железнодорожными путями устраивают под углом 90°, в тяжелых условиях этот угол может быть уменьшен до 45°.

Административно-бытовой комбинат должен быть расположен по линии отвода земель.

Использование территории промышленной площадки обогатительной фабрики оценивается плотностью застройки определяется как отношение площади застройки к общей площади территории фабрики, включая площадь, занятую веером железнодорожных путей.

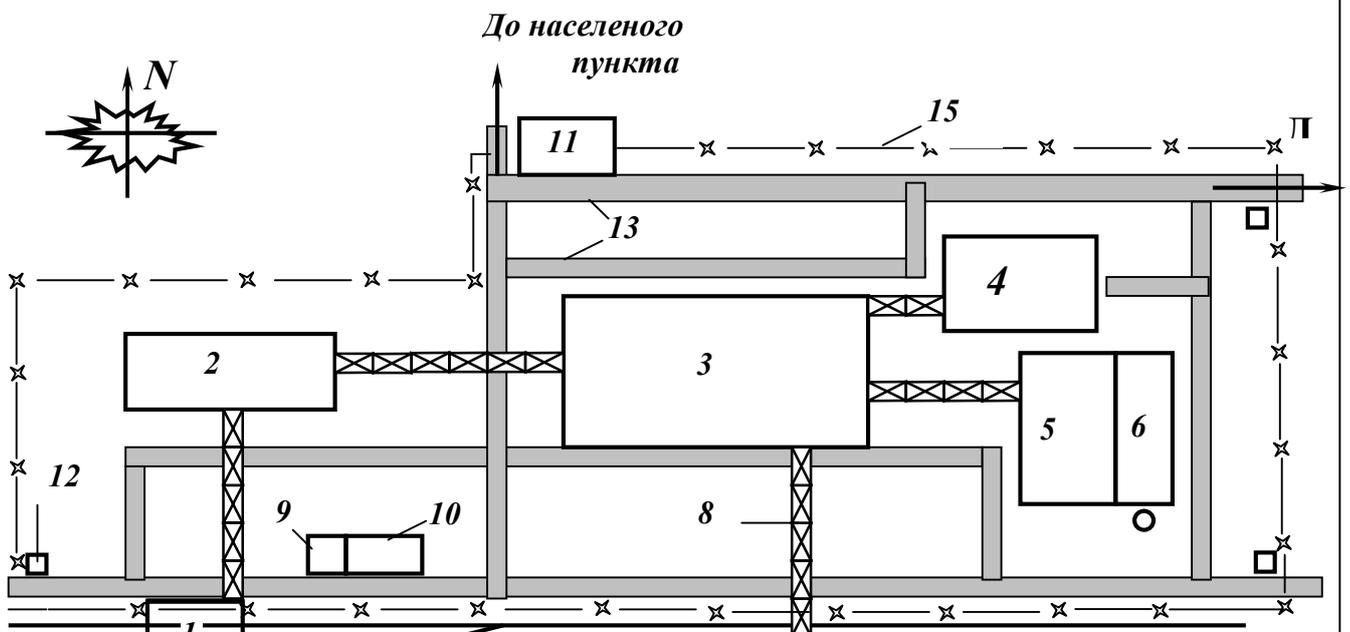
Минимальная плотность застройки нормируется в зависимости от производительности обогатительной фабрики и вида перерабатываемого сырья.

Фабрики для обогащения	производительность млн т/год	плотность застройки, %
------------------------	---------------------------------	---------------------------

руд черных металлов	5 - 15	27
	больше 15	30
руд цветных металлов	5 - 20	22
	больше 20	27
уголь (ГЗФ и ЦЗФ)	-	23

### Условные обозначения на генеральных планах

Наименование сооружений	Условные обозначения	Наименование сооружений	Умовні позначення
Здания и сооружения		Железнодорожная путь в выемке	
Озелененные полосы, дорожки и тротуары		Железнодорожная путь на насыпи	
Забор, вышки, ворота		Автомобильные дороги	
Полоса отвода земель		Производственный водопровод	
Откос, террасы, подпорная стенка		Производственная канализация	
Відкритий склад		Повітряна мережа високої напруги	
		Повітряна мережа	





## 13 ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ДЕЛА

### 13.1 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ЗДАНИЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Основой формирования производственного здания служит ее функциональное назначение, что определяется схемой оборудования, которая разрабатывается в технологической части проекта.

Производственные здания ЗФ должны отвечать:

Техническим требованиям:

- прочность и долговечность конструкций,
- устойчивость к ветровым, снеговым, сейсмическим и другим нагрузкам,

- удовольствие противопожарным требованиям.

Сангигиенических требованиям:

- необходимый уровень освещения рабочих мест,
- вентиляция помещений,
- температурно-влажностный режим,
- локализация вредных производственных веществ их удаление.

### 13.2 УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

При проектуванні зПри проектировании обогатительной фабрики должны быть учтены следующие факторы: температура наружного воздуха, ветер, сейсмические воздействия, инженерно-геологические и гидрогеологические условия местности, агрессивные воздействия сред багачувальної фабрики повинні бути враховані такі фактори: температура зовнішнього повітря, вітер, сейсмічні впливи, інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови місцевості, агресивні впливи середовищ.

*Температура наружного воздуха - учитывается при расчете конструкций на температурные воздействия и определении их морозостойкости, при выборе марки стали.*

Нормативные значения температуры:

- в теплое время года  $t_{т.н.} = t_{vII} + \Delta_{vII}$ ,
- в холодное время года  $t_{х.н.} = t_I + \Delta_I$ .

*Ветер - учитывается при проектировании генплана зф, при выборе санитарных разрывов и взаимного расположения корпусов с большим пыле- и газообразованием.*

*«роза ветров» характеризует повторяемость и скорость ветра.*

*Сейсмические воздействия - определяются в баллах по шкале рихтера.*

При сейсмичности местности:

- $S \leq 6$  баллов - сейсмический влияние не учитывается,
- $S = 7 - 9$  баллов - ОФ проектируется с учетом сейсмических воздействий,
- $S > 9$  баллов - возводить здания и сооружения ЗФ не допускается.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия местности - отражают особенности рельефа местности и ее сейсмичность, расположение близлежащих водоемов и уровень подземных вод, геологической здание и генезис почв. Поэтому они определяют выбор площадки строительства зф, тип и размер фундаментов под каркасы зданий и оборудования.

Агрессивные воздействия сред на строительные конструкции - вызванные специфическими условиями обогатительных процессов: применение в больших количествах воды, наличие переливов по оборудованию, выделение газов и пыли, содержащих соли металлов, применение реагентов, агрессивных к строительным конструкциям.

По степени воздействия на конструкции среды подразделяют на неагрессивные, средне- и сильноагрессивных.

### 13.3 СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Строительные материалы разделяются на естественные и искусственные.

Каменные материалы, пригодные для строительства в своем первоначальном виде, называются естественными. Материалы, пригодные только после соответствующей обработки, называются искусственными.

Природные материалы. В зависимости от условий образования горные породы делятся на изверженные (гранит, диорит, габбро, диабаз, базальт), осадочные (песчаник, известняк, гипс, доломит) и метаморфические (гнейсы, глинистые сланцы, мрамор, кварциты).

Искусственные материалы. Распространение в строительстве получили искусственные материалы, которые имеют различные свойства и удовлетворяют различные требования. К искусственным строительным материалам относят: керамические материалы и стеновые блоки, металлические и полимерные изделия, тепло- и гидроизоляционные материалы, лесные материалы, строительное стекло, материалы для малярных и оклеечных работ.

Свойства строительных материалов:

Средняя плотность	$\delta = m / V, \text{ кг/м}^3$
Насыпная плотность	$\delta_n = m_n / V, \text{ кг/м}^3$
Пористость	$n = (100 - \delta_n / \delta), \%$
Водопоглощение:	
• по массе	$B_m = 100 (m_2 - m_1) / m_1, \%$
• по объему	$B_o = 100 (m_2 - m_1) / V, \%$
Коэффициент размягчения	$K_p = R_n / R_c$
Влагоотдача	$V_g = \Delta W / \tau, \%$ на сутки
Водопроницаемость	$B_{np} = W / \tau F, \text{ кг/год}\cdot\text{см}^2$

*Морозостойкость - n циклов замораживания и оттаивания*

Теплопроводность	$\lambda = Q r / [\tau F (t_1 - t_2)], \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$
Теплоемкость	$c = Q / [q (t_1 - t_2)], \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$

*Огнестойкость - n часов, в течение которых конструкция выполняет свои функции в условиях пожара*

## Прочность

- *предел прочности на сжатие*  $R_{cm} = P / F$  , кг/м<sup>2</sup>
- *предел прочности на растяжение*  $R_p = P / F_1$  , кг/м<sup>2</sup>
- *предел прочности на изгиб*  $R_{виз} = 3Pl / 2bh$  , кг/м

## Упругость

$$G = E / 2(1-\nu)$$

## Пластичность

$$P = W_в - W_n$$

## Хрупкость

$$K_{кр} = R_{cm} / R_p$$

## Твердость – шкала Мооса

## Истираемость

$$K_{cm} = (m_1 - m_2) / F$$
 , кг/м<sup>2</sup>

### 13.3 ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

#### 13.3.1 ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

По назначению здания подразделяют на гражданские, промышленные и сельскохозяйственные.

Независимо от назначения, объемно-планировочных и конструктивных решений здания состоят из определенного числа взаимосвязанных частей и элементов. Элементы зданий по функциональному назначению подразделяют на: несущие, ограждающие и разделяющие. К частям здания принадлежат фундаменты, стены, перегородки, перекрытия, пол, крыша, покрытие, окна, двери, лестницы.

#### Природные и искусственные основания

Почвы или скальные породы, находящиеся под зданием или сооружением и воспринимают нагрузки от них, называют естественной основой. Почвы подразделяют на: скальные, полускальные, крупнообломочные, песчаные, глинистые, суглинки и супеси.

Выбора основы будущего строительства предшествуют инженерно-геологические исследования. При наличии слабых грунтов и невозможности возведения здания или сооружения на природной основе применяют искусственные основания, получают путем уплотнения или закрепления грунта, а также заменой слабого грунта основания более крепким.

### Фундаменты и колоны

Фундаменты является подземной конструкции, непосредственно сталкивается с основанием и передает на нее нагрузки от здания (сооружения). По конструктивному решению фундаменты разделяют на столбчатые, ленточные, сплошные и свайные.

Глубина заложения фундаментов под колонны каркаса здания принимается 1,1 - 1,5 м; размер подошвы фундамента составляет 1,3 - 2,1 м.

Колонны устанавливаются в основании фундамента, фрагменты колонн имеют длину, соответствующую высоте этажа - 6 м.

Пересечение железобетонных колонн, используемых в строительстве:

- прямоугольных: 40х50; 40х60; 50х60; 60х80 см;

- квадратных: 40х40; 50х50; 60х60 см.

Размеры пролетов (расстояние между осями колонн в поперечном направлении) принимают 6 или 9 м. Пролеты верхних этажей делают по 6, 9, 12, 18, или 24 м и значительно реже 30, 36 или 42 м.

### Стены и перегородки

По конструктивным признакам различают массивные и каркасные стены.

Массивные стены служат для восприятия нагрузки от покрытий и перекрытий зданий и передачи его фундамента, а также защищают помещение от внешних атмосферных воздействий. Толщина кирпичных массивных стен должна быть кратной половине размера кирпича и может равняться 25, 38, 51 и 64 см.

Каркасные стены служат только для поддержания определенного температурно-влажностного режима в помещении. Железобетонные панели для

наружных стен изготавливаются толщиной 200 - 300 мм, для внутренних - 140 - 160 мм.

Перегородки внутри дома служат только для разделения помещений и звукоизоляции.

### Перекрытия и пол

Перекрытия разделяют внутреннее пространство здания на этажи.

Минимальная высота этажа должна быть не менее 3 м, высота первого этажа главного корпуса принимается обычно 6 м (допускается 7,2 м), высота второго и последующих этажей - 4,8 и 6 м, высота верхних этажей - 8,4; 9,6; 10,8 м (допускается 13,2 м). В доме допускается нерегулярное сообщение этажей различных высот.

Пол устраивают как на разного рода перекрытиях, так и по грунту. Пол делают сплошной, из искусственных и рулонных материалов, из дерева. Для обеспечения стока жидкостей полу предоставляется уклон 1 - 7%.

### Крыши и покрытия

Крыши и покрытия зданий предназначены для надежной защиты помещений от атмосферных воздействий и обеспечения в них заданных микроклиматических параметров.

Крыши делятся на чердачные и бесчердачными.

Чердачные крыши защищают дом только от атмосферных осадков, а теплоизоляция помещения обеспечивается чердачным перекрытием. В бесчердачных крыш элементы крыши и чердачного покрытия объединены.

В промышленных зданиях покрытия выполняют плоскими (с уклоном не более 3%) и скатными, которые делятся на пологие (с наклоном до 15%) и крутые (с уклоном более 15%).

### Окна и двери

К окнам и световых фонарей выдвигают требования обеспечения надлежащей освещенности и вентиляции помещений. Размеры оконных проемов по ширине бывают 200, 300, 400 и 600 см, по высоте - 240, 360, 480 и 600 см, а расстояние от пола до низа оконного проема должна быть 80 - 100 см. Оконные рамы изготавливают из дерева, металла, железобетона и пластмасс.

Двери предназначены для входа в дом, сообщения между помещениями, а также для эвакуации людей при возникновении какой-либо опасности (аварии, пожара и т.п.). Размеры дверей по высоте должны быть 240 см, ширина - 100, 150 и 200 см.

### Лестницы и лифты

Лестницы в многоэтажных домах служат для сообщения между этажами, с помещениями, крышами зданий и сооружений, обслуживание оборудования. Чаще всего применяют лестницы двух- и тримаршеви с углом наклона маршей 18 - 30°. Предельное расстояние между лестничными клетками: для огнестойких домов она не должна быть более 75 - 100 м, для непивгорючих - не более 50 - 60 м.

Грузовые лифты, используемых в производственных процессах как транспортные средства, размещают в строго определенных местах, определяемых технологической схеме. Если такого жесткого связи не требуется, лифты располагают смежно с лестничными клетками.

## 13.3.2 ТИПЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

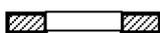
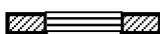
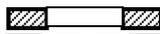
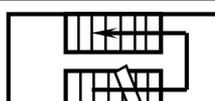
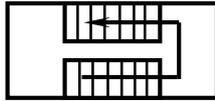
Промышленные здания и сооружения бывают одноэтажные, многоэтажные и смешанной этажности.

Одноэтажные здания представляют собой пролеты большой ширины и высоты.

Многоэтажные дома имеют в основном каркасную конструкцию. Наиболее распространены многоэтажные дома с балочными конструкциями перекрытий, сеткой колонн 6х6 и 6х9 м и этажами высотой 4,8 и 6 м.

Здания смешанной этажности представляют собой сочетание связанных друг с другом одноэтажных зданий (пролетов) большой ширины и высоты (25 - 50 м) и присоединенных к ним многоэтажных.

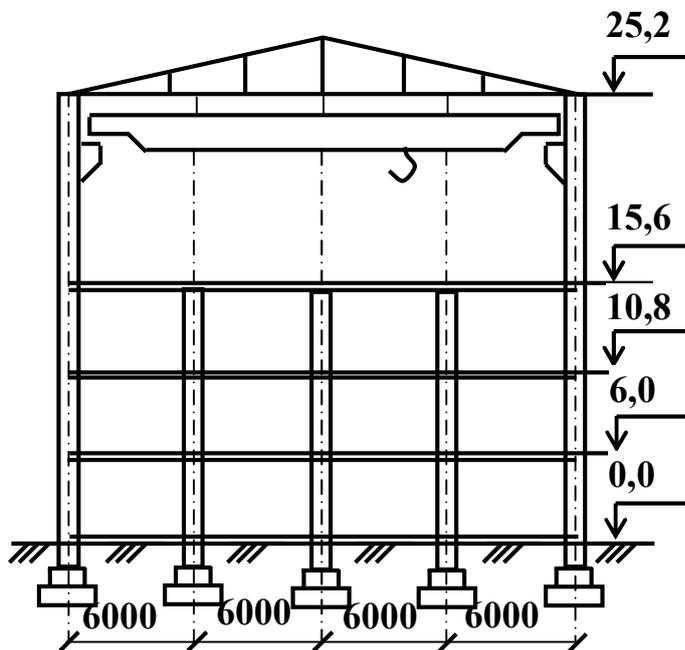
**Условные графические обозначения строительных материалов и элементов строительных конструкций**

Строительные		Элементы строительных конструкц	
Наименование	Обозначение	Наименование	Позначення
Грунт		Проріз у стіні	
Рідина		Проріз віконний	
Кладка з цегли		Двері однопільні	
Бетон		Двері двопільні	
Бетон армований		Двері однопільні коливальні	
Сталь листова рифлена		Двері двопільні розсувні	
Деревина уздовж волокон		Сходи, нижній марш	
Деревина поперек волокон		Сходи, проміжний марш	
Матеріали термо- і звукоізоляційні		Сходи, верхній марш	
Балка двотаврова		Проріз у перекритті	

### 13.3 ТИПЫ СТРОЕНИЯ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

В общем комплексе строений углебогатительных фабрик основным объектом является главный корпус: зального, павильонного и антресольного-павильонного типа.

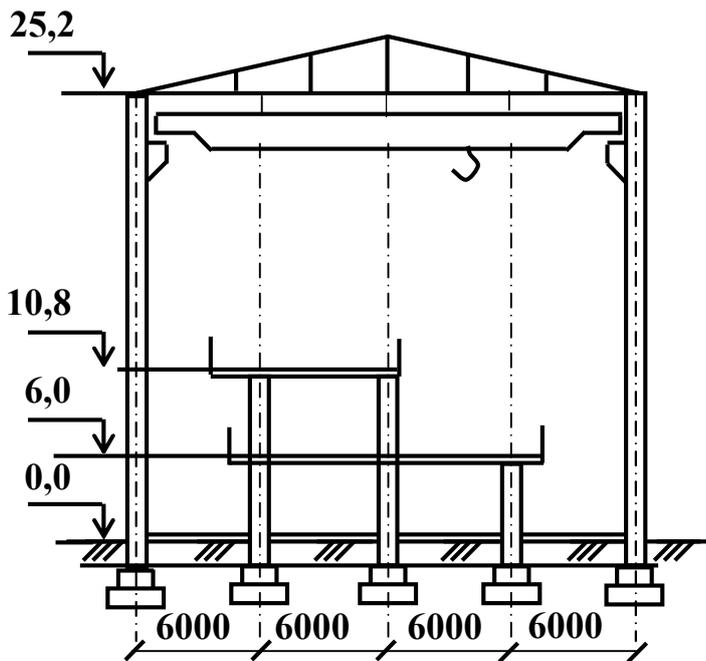
Главный корпус зального типа



В главном корпусе зального типа за счет укрупненной сетки колонн на верхнем этаже расположен машинный зал с основным технологическим оборудованием, оснащен мостовым краном.

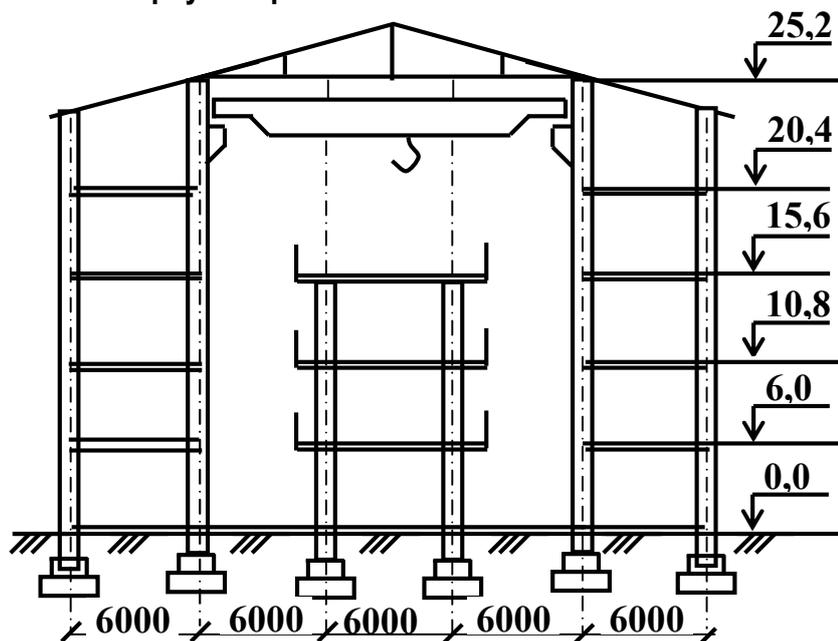
Созданы условия для удобной эксплуатации и ремонта. Несущими конструкциями здания являются колонны, на которые опираются балки перекрытий.

### Главный корпус павильонного типа



Павильонный тип головной корпуса - одноэтажный большепролетных дом (пролет до 36 м), в котором технологическое оборудование размещено на встроенных этажерках с одним, двумя или тремя этажами, не связанных с каркасом здания. Несущие конструкции дома - двогилкови железобетонные колонны, на которые опираются фермы покрытия и мостовые краны. Обеспечивается хорошее освещение, удобное обслуживание ...

### Главный корпус антресольно-павильонного типа



В главных корпусах антресольного-павильонного типа двогилкови колонны по всему периметру дома заменены одно- и двухпролетных рамами. Каркас антресолей не связан с внутренними конструкциями, образуют этажерки с одним, двумя или тремя этажами для размещения оборудования. Пролет антресолей - 6 м, в антресолях размещают диспетчерскую, электропункт, лестницы, трубопроводы и др. В павильонной части дома, обслуживаемого мостовым краном, размещают основное технологическое оборудование. Здания антресольного-павильонного типа имеют все преимущества зданий зального и павильонного типа.

#### 13.4 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОНТАЖА ОБОРУДОВАНИЯ

При сооружении обогатительных фабрик оборудования можно компоновать и монтировать после окончания всех строительных работ или одновременно с ними по так называемым объединенным графику. При монтаже технологического оборудования учитываются его специфические конструктивные решения, требования технологии и принцип действия агрегатов.

Основные принципы монтажа:

- последовательность монтажа основного технологического оборудования,
- резервирование мест для установки агрегатов или резервирования агрегатов,
- расположение основных технологических агрегатов на верхних этажах,
- изоляция помещений переработки или транспортировки сухих материалов,

- размещения специального оборудования во вспомогательных помещениях,
- обеспечение технол. оборудования подъемно-транспортными средствами,
- обеспечение пролетов, обслуживаемых подъемно-транспортными устройствами, подъездными путями,
- придерживаться принципа однопотоковости технологического процесса,
- предусмотреть меры по устранению пылеобразования, переливов и доведение шума и вибраций в допустимых санитарных норм,
- при компоновке оборудования учитывать требования промышленной эстетики.

Литература к разделу 13: [2] с. 264 – 288, [2] с. 237 – 258.

