

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра обогащения полезных ископаемых

Составители  
М. С. Клейн  
Т. Е. Вахонина

## **ОПРОБОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

**Методические указания к самостоятельной работе**

Рекомендованы учебно-методической комиссией  
специальности 21.05.04 Горное дело  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензент  
Удовицкий В. И. – профессор, зав. кафедрой обогащения полезных  
ископаемых

**Клейн Михаил Симхович**  
**Вахонина Татьяна Евгеньевна**

**Опробование и контроль процессов обогащения:** методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс] для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации 06 Обогащение полезных ископаемых, всех форм обучения / сост.: М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Целью методических указаний является оказание методической помощи в самостоятельной работе студентов при изучении дисциплины «Опробование и контроль процессов обогащения»

© КузГТУ, 2019  
© Клейн М. С.,  
Вахонина Т. Е.,  
составление, 2019

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Опробование и контроль процессов обогащения» является формирование у студентов теоретических знаний о современных методах опробования технологических процессов при обогащении полезных ископаемых и методах контроля над этими процессами. В процессе изучения студент должен получить знания о качестве сырья для обогатительных фабрик, требованиях к продуктам обогащения.

Дисциплина «Опробование и контроль процессов обогащения» формирует теоретические знания, практические навыки, вырабатывает компетенции, которые дают возможность выполнять следующие виды профессиональной деятельности: производственно-технологическую; научно-исследовательскую; организационно-управленческую.

В области производственно-технологической деятельности целью дисциплины является научить студента разрабатывать и реализовывать мероприятия по повышению экологической безопасности горного производства; разрабатывать и реализовывать мероприятия по совершенствованию и повышению технического уровня горного производства, обеспечению конкурентоспособности организации в современных экономических условиях.

Для ведения организационно-управленческой деятельности дисциплина учит умению проводить технико-экономический анализ с обоснованием принимаемых решений.

Для научно-исследовательской деятельности знание дисциплины «Опробование и контроль процессов обогащения» позволяет планировать и выполнять теоретические, экспериментальные и лабораторные исследования, обрабатывать полученные результаты с использованием современных информационных технологий; составлять отчеты по научно-исследовательской работе самостоятельно или в составе творческих коллективов; проводить сертификационные испытания (исследования) качества продукции горного предприятия, используемого оборудования, материалов и технологических процессов; разрабатывать мероприятия по управлению качеством продукции.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Опробование и контроль процессов обогащения» относится к дисциплинам по выбору и является логическим продолжением ранее изученных теоретических дисциплин по отдельным методам и процессам разделения минерального сырья, применительно к специфическим особенностям угля, как объекта обогащения.

Настоящая дисциплина предназначена для углубленного изучения теоретических основ, особенностей и современных методов опробования и контроля технологических процессов обогащения полезных ископаемых и опирается на знания общих курсов: математика, физика, химия, прикладная механика, гидромеханика, геология, и общепрофессиональные дисциплины согласно таблице.

№ п/п	Наименование дисциплины	Наименование разделов тем, усвоение которых необходимо студентам
1	Гравитационные процессы обогащения	Все разделы
2	Флотационные процессы обогащения	Все разделы
3	Процессы обезвоживания, окомкования и складирования продуктов обогащения	Все разделы
4	Основы научных исследований	Все разделы
5	Подготовительные процессы обогащения	Все разделы

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Опробование и контроль процессов обогащения»

Освоение дисциплины направлено на формирование:  
 профессиональных компетенций

**(ПК-5)** – готовностью демонстрировать навыки разработки планов мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду при эксплуатационной разведке,

добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов;

**(ПК-8)** – готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством;

**(ПК-21)** – готовностью демонстрировать навыки разработки систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов;

профессионально-специализированных компетенций: ПСК-6.2 – способностью выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- процессы и технологии переработки и обогащения твердых полезных ископаемых, а так же методы технологического контроля, опробования и автоматизации процессов обогащения

- методы анализа технико-экономических показателей работы горно-обогатительного предприятия;

- методы определения основных технологических и эксплуатационных свойств материалов;

- основные принципы обеспечения экологической безопасности производств и правовые методы рационального природопользования;

**уметь:**

- анализировать устойчивость технологического процесса и качество выпускаемой продукции и принимать технические решения по обеспечению безопасных условий труда и снижению вредного влияния процессов обогащения на окружающую среду

- использовать методы планирования факторных экспериментов для определения технико-экономических показателей работы горно-обогатительного предприятия;

- разрабатывать мероприятия по снижению вредного воздействия горного производства на окружающую среду и рациональному использованию минерального сырья и земельных ресурсов;

- использовать методологию и средства рационального природопользования; выявлять физическую сущность явлений и процессов выполнять применительно к ним технические расчеты;

**владеть:**

- основными методами и приборами научных исследований в области обогащения.

- способностью сравнить варианты схем по обогащению минерального сырья и составить необходимую документацию;

- методами технического контроля в условиях действующего горного производства;

- природоохранными мероприятиями при переработке полезных ископаемых, методами анализа и мониторинга качества окружающей среды и оборудования;

#### **4. Структура и содержание дисциплины «Опробование и контроль процессов обогащения»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 ч.

##### **4.1. Содержание разделов дисциплины**

№ раздела	Разделы дисциплины и их содержание	Объем в часах
1	<b>1. Введение.</b> Основные понятия об опробовании и контроле технологического процесса на обогатительных фабриках; контролируемые параметры. Схемы опробования и контроля технологического процесса. Основы теории опробования полезных ископаемых. Классификация проб. Минимальная, необходимая, начальная масса проб. Точечная проба [1, 2, 3, 9]	1
2	<b>2. Теоретические основы выборочного контроля качества полезных ископаемых.</b> Статистические характеристики параметров опробования и контроля. Расчет массы минимальной пробы. Определение значений $K$ и $\alpha$ в формуле Демонда и Хальфердаля. Определение необходимого числа проб. Методы определения погрешности опробования [1, 2, 3, 6]	3
3	<b>3. Методы отбора и обработки проб. Механизация процессов опробования.</b> Отбор технологических проб.	3

№ раздела	Разделы дисциплины и их содержание	Объем в часах
	Отбор проб в забоях. Опробование неподвижно лежащих сыпучих материалов. Опробование движущихся масс. Метод продольных и поперечных сечений. Ковшовые, маятниковые и др. конструкции пробоотбирателей. Ручное опробование [2, 3, 6]	
<b>4</b>	<b>4. Подготовка проб для анализа.</b> Разделка проб. Дробление, измельчение и истирание проб. Грохочение и обезвоживание. Способы перемешивания проб. Методы сокращения проб. Устройства и оборудование для сокращения проб, проборазделочные машины. Отбор и подготовка проб топлива к анализам [2, 3]	3
<b>5</b>	<b>5. Выбор и расчет схемы подготовки проб.</b> Выбор схемы подготовки пробы. Стадии и операции подготовки пробы. Расчетные формулы и последовательность расчета операций подготовки пробы в каждой стадии. Оформление результатов выбора и расчета схемы подготовки пробы [1, 2, 12]	3
<b>6</b>	<b>6. Методы контроля свойств и состава углей.</b> Определение гранулометрического состава угля. Определение зольности топлива. Ускоренные методы определения влаги. Фракционный анализ. Точность методов определения свойств и состава угля [ 2, 4, 6, 11]	4
<b>7</b>	<b>7. Контроль и управление технологическими процессами обогащения.</b> Средства измерения и контроля параметров технологического процесса: измерение сыпучих продуктов, расходов пульпы и содержания твердого в них, измерение плотности пульпы. Количественный контроль материала [1, 2, 3]	3
<b>8</b>	<b>8. Методы оценки эффективности процессов обогащения.</b> Объективные критерии для оценки эффективности процессов обогащения. Применяемые методы оценки результатов обогащения и эффективности технологических машин и аппаратов. Аналитические, графоаналитические и графические группы методов оценки эффективности [1, 2, 4, 6]	3
<b>9</b>	<b>9. Технологический и товарный балансы.</b> Способы повышения точности технологического баланса. Показатели товарного баланса. Потери угля при его переработке и расчет норматива потерь угля [1, 2, 4]	2

№ раздела	Разделы дисциплины и их содержание	Объем в часах
<b>10</b>	<b>10. Организация технического контроля на обогатительных фабриках.</b> Контроль и управление технологическими процессами обогащения: дробления, грохочения, измельчения, процесса флотации, гравитационными методами обогащения, сгущения шламов, обезвоживания и сушки угля. Правила техники безопасности при выполнении операций опробования и контроля [2, 3]	1

## 4.2. Лабораторные занятия

Неделя семестра	№ раздела	Наименование работы	Объем в часах/ЗЕ	
			ОФ	ЗФ
5	4	1. Определение погрешности от несоответствия массы пробы размеру зерен полезного ископаемого [2, 3, 6]	4/0,11	-
6	7	2. Определение аэрации и плотности пульпы в лабораторной флотационной машине [1, 2, 3, 7]	4/0,11	2/0,056
7	4	3. Определение однородности пробы [2, 4, 6]	4/0,11	2/0,056
8	2	4. Определение погрешности результатов опробования и анализа [2, 4, 6]	4/0,11	-
9	2, 4, 7	5. Сдача и защита отчетов по лабораторным работам [2, 3, 4, 6, 13-16]	4/0,11	-
10	2	6. Определение погрешности опробования методом многократного отбора проб [2, 4, 6]	4/0,11	2/0,056
11	6	7. Ускоренный контроль гранулометрического состава материала [2, 6, 12]	4/0,11	-
12	2, 6	8. Сдача и защита отчетов по лабораторным работам [2, 3, 4, 7, 8, 12, 13-16]	6/0,166	2/0,056
			<b>34/0,94</b>	<b>8/0,222</b>

## 4.4. Курсовое проектирование

Курсовой проект по дисциплине «Опробование и контроль процессов обогащения» посвящен выбору и расчету установки для механизированного отбора пробы и схемы разделки отобранной

пробы. В результате выполнения курсового проекта студенты должны составить схемы текущего опробования технологического процесса, рассчитать норматив потерь угля при его переработке.

## 4.5. Самостоятельная работа студента

### 4.5.1. Очная форма обучения

Раздел дисциплины	№ недели	Вид самостоятельной работы студента
1-5	1-13	<i>СИД, КП</i>
3	5-8	Подготовка к лабораторным работам №№ 1-4 и оформление отчетов [2, 3, 4, 6, 13-16]
4	9-13	Подготовка к лабораторным работам №№ 6-7 и оформление отчетов [2, 3, 4, 6, 13-16]
1-5	14-15	Подготовка к компьютерному тестированию [2, 3, 4, 6, 13-16]
1-5	16-17	Интернет-ресурсы, конспект лекций

В конце семестра студентам необходимо получить допуск к экзамену. Допуск выставляется по итогам работы на лабораторном практикуме и результатам компьютерного тестирования.

#### *Работа с конспектом лекций*

Работа с конспектом лекций заключается в следующем. После изучения каждого раздела дисциплины студент на основании своего конспекта лекций самостоятельно в период между очередными лекционными занятиями производит изучение материала с указанием неясных, непонятных положений лекции. Эти вопросы затем подлежат уяснению на консультациях по курсу, которые предусмотрены учебным планом.

#### *Подготовка к выполнению лабораторного практикума*

Программа курса предусматривает выполнение шести лабораторных работ (табл. 3). Подготовка к лабораторным занятиям заключается в работе с конспектом лекций по данной теме, в изучении соответствующего раздела учебника или учебного пособия, в просмотре дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ происходит в лаборатории кафедры «Обогаще-

ние полезных ископаемых». Оформление работы выполняется студентом самостоятельно.

#### *Контроль самостоятельной работы*

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляет преподаватель в аудитории. Предусматривается использовать следующие виды контроля:

- собеседование;
- устный опрос;
- компьютерное тестирование
- отчет, формат А4.

Результаты контроля СРС используются для оценки текущей успеваемости, проводимой на 5-й, 9-й, 13-й и 17-й неделях семестра при проставлении контрольных точек.

#### **4.5.2. Заочная форма обучения**

Раздел дисциплины	№ недели	Вид самостоятельной работы студента
Раздел 1–5		<i>СИД, КП</i>
	1–17	– работа с литературой [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11]
Раздел 1–5	1–17	– выполнение контрольного задания [1, 2, 3, 4, 6, 9]
Раздел 3–5	2–15	Работа с Интернет-ресурсами
Раздел 3, 4	Экзаменационная сессии	Подготовка к лабораторным работам № 2, 3, 6 и оформление отчетов [1, 2, 3, 4, 6, 8, 9]

#### **4.7. Контрольная работа (для студентов заочного обучения)**

Контрольная работа содержит теоретические вопросы и задачи по различным темам. Темы теоретических вопросов отражают содержание разделов:

1. Отбор технологических проб [2, 3, 10].
2. Подготовка проб для анализа [2, 3, 4, 8].

3. Контроль и управление технологическими процессами обогащения [1, 2, 6, 7].
4. Методы оценки эффективности процессов обогащения [2,4,8].
5. Методы определения погрешности опробования [2, 10].

Все вопросы, рассматриваемые в контрольной работе, изучаются студентами самостоятельно. Задание выдается на установочной лекции. Изучение вопросов и выполнение работы производится в течение семестра, в котором изучается эта дисциплина и сдается перед сессией преподавателю.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Введение

Технологический процесс на обогатительных фабриках в подавляющем большинстве случаев находится в зависимости от качества исходного сырья. Опробование технологических процессов позволяет получить данные, необходимые для регулировки и поддержания в оптимальном режиме технологического процесса, а также по этим данным можно составить предварительное суждение о возможном качестве выпускаемой продукции.

Опробование и контроль технологических процессов обогащения состоит из опробования сырья, опробования и контроля технологических процессов обогащения, опробования конечной продукции и сдачи ее потребителю.

*Контроль* технологических процессов – это определение методом опробования показателей, определяющих эффективность процесса и оценка на этой основе состояния процесса.

*Опробование* – это комплекс операций по отбору и разделке проб с целью установить химический состав, физические свойства или содержание компонентов в опробуемом материале.

По результатам опробования сырья определяют пригодность той или иной схемы обогащения при проектировании обогатительной фабрики, а на действующей фабрике производится наладка и контроль за технологическим процессом.

Опробование и контроль проводятся по определенным схемам, выбор которых зависит от назначения опробования.

*Проба* – часть продукта или сырья, представляющая с той или иной степенью точности контролируемые свойства продукции или сырья.

*Разделка пробы* – ряд операций, в результате которых из исходной пробы приготавливается меньшая по массе проба для анализа. В процессе разделки пробы осуществляется грохочение, дробление, тщательное перемешивание и сокращение пробы, которые выполняются в строгом соответствии с расчетом.

Пробы можно классифицировать по различным признакам: по условию отбора пробы, по частоте отбора проб, в зависимости от назначения и массы пробы и др. [2, с. 6-10; 9, с. 5-17].

Вопросы для самопроверки

1. Схемы опробования и контроля в зависимости от их назначения.
2. С какой целью проводятся опробование и контроль технологических процессов?
3. Какие виды проб в зависимости от их назначения вы знаете?
4. Какое основное требование предъявляется к пробе?
5. Классификация проб по различным признакам.
6. Нарисуйте принципиальную схему одного цикла разделки пробы.

### 1. Основы теории опробования полезных ископаемых

Современные методы опробования основаны на исследованиях, проводимых в этой области в течение длительного времени и с различным минеральным сырьем. Принципы опробования основаны на теории вероятностей и математической статистике.

Для описания продуктов обогащения используют следующие численные статистические характеристики: средние арифметические  $\bar{\alpha}$ , средневзвешенные  $\hat{\alpha}$ , среднеквадратичные отклоне-

ния  $\sigma$ , дисперсии  $S_{\alpha}^2$ , коэффициенты вариации  $V$  и ошибки среднеарифметической  $m$ .

Все погрешности, возникающие при опробовании сыпучих материалов и пульп, могут быть разделены на три вида: промахи, систематические и случайные погрешности.

В теории опробования наиболее существенными вопросами, определяющими точность пробы и ее обработки, являются определение минимальной массы пробы и определение числа точечных проб.

Минимальная масса пробы – это предельное количество материала, в котором еще могут сохраниться заданные физические и химические свойства составляющих ее исходных веществ. Уменьшение массы пробы ниже минимальной нарушает среднее содержание исследуемых компонентов из-за непропорционального распределения в составных частях пробы.

На величину массы общей пробы влияют многие факторы: гранулометрический состав, однородность, содержание компонента, физические свойства опробуемой массы, назначение пробы и др.

Для определения минимальной массы пробы можно пользоваться общей формулой Демонда и Хальфердаля, которая выведена эмпирически. Пользуясь этой формулой, можно получить удовлетворительные результаты при установлении минимальной массы пробы, если по экспериментальной методике будут подобраны коэффициент  $K$  и показатель степени  $\alpha$ .

Необходимое число точечных проб зависит от однородности опробуемого материала и допустимой погрешности опробования [2, с. 11-26; 9, с. 22-50].

#### Вопросы для самопроверки

1. Погрешности, возникающие при опробовании и способы их устранения.
2. Формулы для расчета численных статистических характеристик продуктов обогащения.
3. Методика определения коэффициентов в формуле Демонда и Хальфердаля.
4. Минимальная масса пробы для различных видов анализа.

## 5. Формула для расчета необходимого числа точечных проб.

### 2. Методы определения погрешности опробования

Методы определения погрешности используются в необходимых случаях для проверки погрешности при отборе или подготовке проб, при создании новых пробоотборников, приборазделочных комплексов и проведении исследовательских работ.

Для оценки точности опробования отдельных партий топлива рекомендован метод отбора проб от отдельных партий, качество которых неизвестно (метод многократного отбора проб), а для проверки достигнутой точности опробования при регулярных поставках – метод определения погрешности при непрерывном и периодическом отборах проб (дубликатный метод отбора проб).

Метод многократного отбора проб основан на вычислении диапазона между наибольшим и наименьшим значениями показателя качества не менее шести объединенных проб и сравнении с требуемой погрешностью отбора проб. Фактическую погрешность можно определять также расчетным путем.

Дубликатный метод отбора проб основан на оценке серии результатов анализа дубликатных проб, отобранных от партии, с целью достижения требуемой погрешности. По результатам оценки можно изменять количество точечных проб при дальнейшем отборе проб от топлива данного предприятия [1, 2, 3, с. 104-108; 4; 9].

#### Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях используют дубликатный метод определения погрешности опробования и в чем он заключается?
2. Как определяют необходимое число точечных проб методом многократного отбора проб?

### 3. Отбор технологических проб

По классификации способов опробования на обогатительных фабриках различают отбор проб в забоях, опробование непо-

движно лежащего материала и опробование движущегося материала.

Опробование забоев выполняется при исследовании полезных ископаемых на обогатимость, при решении спорных вопросов между горным предприятием и обогатительной фабрикой и т. п. При опробовании забоев необходимо выполнять все основные требования к отбору проб и правила безопасной работы в забоях. Выбор способа опробования зависит от назначения пробы и характера вкрапленности полезных компонентов.

Основным способом опробования неподвижно лежащего материала является вычерпывание, которое заключается в отборе небольших порций из лунок, расположенных в заранее намеченных точках опробуемого материала. Способы отбора проб различаются в основном инструментом, в качестве которого могут использоваться совки, щупы, шнеки, желонки, буровой инструмент и др.

Опробование движущегося материала всегда предпочтительней опробования неподвижно лежащего, так как опробованию доступна вся масса материала. Наиболее широко используются способы поперечных и продольных сечений.

Способ поперечных сечений заключается в том, что с помощью отбирающей пробу щели из потока материала вырезается поперечная полоса, составляющая точечную пробу. Достоинством способа является возможность отбора относительно малой точечной пробы и полный учет поперечной сегрегации материала в потоке. Параметры пробоотборного устройства должны отвечать требованиям к ширине щели, скорости ее перемещения и вместимости принимающего пробу сосуда. Применяются ковшовые, маятниковые, скреперные, секторные и другие пробоотбиратели.

Способ продольных сечений состоит в том, что с помощью устройства, содержащего щель, вырезается из потока продольная полоса материала, составляющая пробу. Достоинством способа является простота конструкции пробоотбирателей, а недостатком – отбор большой по массе пробы. Применяются неподвижные пробоотборные устройства, отбирающие пробу в одной точке потока. В связи с этим перед отбором проб необходимо интенсивное перемешивание материала потока [2, с. 27-41; 9, с. 50-79].

Вопросы для самопроверки

1. Требования к отбору проб в забоях.
2. Какие щупы и шнеки используют для отбора проб?
3. В чем заключается поперечный способ отбора проб и его достоинства?
4. Достоинства и недостатки продольного способа отбора проб.
5. Конструкция скреперного пробоотборника.
6. Отбор проб методом извлечения элементов потока.

#### 4. Подготовка проб для анализа

Подготовка проб для различных видов анализов заключается в подготовке представительной навески массой 1-500 г крупностью менее 0,1-0,2 мм. Следовательно, в процессе подготовки начальная проба должна быть уменьшена по массе и по крупности во много раз.

Перемешивание проб необходимо для получения однородной по составу пробы для последующего сокращения ее на одну или несколько частей однократным отделением этой части от всей пробы. При сокращении пробы делением на большое число микропорций перемешивание не обязательно. Перемешивание проб проводят следующими способами: перелопачивания, кольца и конуса, перекачивания, просеивания и механическими устройствами.

Сокращение пробы – наиболее ответственная операция, так как при ее выполнении появляется основная погрешность подготовки пробы. К способам сокращения неподвижных проб относятся способы квартования, квадратования и линейки. При сокращении перемещаемых проб используют способы поперечных и продольных сечений.

Отбор и подготовка проб топлива (в том числе каменные угли) производится в соответствии с ГОСТ 10742–71. На углеобогатительных фабриках для подготовки проб и получения лабораторной пробы могут использоваться проборазделочные машины [2, с. 42-49; 9, с. 79-96; 6, с. 173-188].

Вопросы для самопроверки

1. Какое оборудование используется при подготовке проб?
2. Какие способы используют при сокращении перемещаемых проб?
3. Сущность метода квадратования неподвижных проб.
4. Устройства и оборудование для сокращения проб.
5. Правила отбора проб топлива.

### 5. Выбор и расчет схемы подготовки проб

Схема разделки пробы состоит из нескольких стадий и включает последовательные операции дробления или измельчения, грохочения или классификации, перемешивания, сокращения и деления пробы.

Первая (предварительная) стадия разделки начальной пробы включает операции перемешивания и сокращения пробы и проводится только в том случае, если степень сокращения начальной пробы больше или равна двум.

В каждой стадии разделки пробы расчет операций дробления и сокращения пробы выполняется в следующей последовательности: принимается максимальный размер куска в пробе после дробления на данной стадии; рассчитывается минимальный вес пробы после дробления; определяется степень сокращения пробы, поступающей на данную стадию; рассчитывается число приемов сокращения; определяется вес пробы, выходящей из стадии разделки пробы.

При расчете последней стадии разделки пробы минимальный вес пробы принимается равным весу пробы, направляемой на анализ [12].

Вопросы для самопроверки

1. По какой формуле рассчитывается минимальный вес пробы после дробления?
2. От чего зависит число приемов сокращения пробы?
3. Обозначение операций подготовки проб на схемах.

## 6. Методы контроля свойств и состава угля

*Гранулометрический состав* определяют по ГОСТ 2093–82 методом ситового анализа для угля крупностью +0,063 мм. Метод ситового анализа заключается в рассеивании топлива на ситах и определении выходов классов крупности. Рассев проводят на грохотах и встряхивателях. Необходимо соблюдать правила подготовки пробы и проведения испытаний.

*Зольность угля* определяют по ГОСТ 11022–95 методами медленного и ускоренного озоления. Зольность угля в процентах рассчитывают по массе остатка после прокаливания. Сущность метода медленного озоления заключается в сжигании пробы топлива в муфельной печи, нагретой с определенной скоростью до температуры  $(815 \pm 15)^\circ\text{C}$ , и выдерживании при этой температуре до постоянной массы.

Метод ускоренного озоления предусматривает сжигание угля в печах с естественной вентиляцией и с подачей кислорода. Сущность метода заключается в подаче тиглей с углем по специальным правилам в муфельную печь, предварительно нагретую до температуры  $(815 \pm 15)^\circ\text{C}$ , и сжигании в течение 25–35 мин.

*Ускоренные методы определения влаги* по ГОСТ 11014–01 устанавливают правила определения внешней и общей влаги, влаги воздушно-сухого топлива и влаги аналитической пробы. Сущность методов заключается в высушивании пробы угля соответствующей массы и крупности в сушильном шкафу при заданной температуре и вычислении массовой доли влаги по потере массы.

*Фракционный состав* угля определяют по ГОСТ 4790–93 методом фракционного анализа, сущность которого заключается в расслоении пробы исследуемого топлива в жидкостях различной плотности, определении выходов и показателей качества полученных фракций. Расслоение топлива с размером кусков более 1 мм производится в статических условиях, а мелких классов с размером зерен менее 1 мм – в центробежном поле.

Необходимо знать требуемую точность методов определения свойств и состава угля [3, с. 22-55; 11; 13-16].

Вопросы для самопроверки

1. Правила проведения мокрого отсева угля.
2. Условия подачи тиглей с углем в нагретую муфельную печь при ускоренном озолении.
3. При какой температуре определяют различные виды влаги топлива?
4. Как определяют фракционный состав угля с размером зерен менее 1 мм?

### 7. Контроль и управление технологическими процессами обогащения

На обогатительных фабриках находят применение инструментальные средства контроля основных качественных и количественных параметров технологических процессов. К ним относятся весовой контроль, определение расхода и плотности пульпы и суспензии, содержание компонентов и влажности продуктов обогащения и др.

Управление технологическими процессами – это оценка состояния процесса и регулировка его на основе показателей, определяющих эффективность процесса.

*Дробление* проводится с целью уменьшения размера крупных кусков до необходимой крупности, поэтому при дроблении контролируется содержание в дробленном продукте избыточных зерен и мелочи путем отсева на сите пробы дробленного продукта.

*При грохочении* контролируются следующие показатели: производительность, гранулометрический состав продуктов грохочения и эффективность разделения на классы. Для определения эффективности грохочения отбираются пробы от исходного угля и надрешетного продукта, определяется содержание в них расчетного класса и рассчитывается эффективность процесса по соответствующей формуле. Если показатели грохочения хуже допустимых, устанавливаются и устраняются причины, вызвавшие ухудшение показателей грохочения.

*Гравитационные процессы.* Работа отсадочных машин и тяжелосредних установок оценивается путем подсчета точности и плотности разделения и глубины обогащения.

Для текущего контроля процесса применяется экспресс-анализ, заключающийся в расслоении продуктов обогащения и определении степени их засорения посторонними фракциями.

При работе *тяжелосредних установок* основной контролируемый параметр – плотность суспензии, которую обычно контролируют автоматическими плотномерами или вручную с помощью мерной кружки. Необходимо следить, чтобы зашламленность суспензии не превышала допустимую.

Контроль работы *отсадочных машин* производится периодическим опробованием получаемых продуктов обогащения, определением выходов продуктов обогащения массовым методом и расхода воды.

*Флотационный процесс.* При контроле этого процесса определяют параметры исходной пульпы (содержание твердого, ее расход), гранулометрический состав исходного шлама, расход и схему подачи реагентов, степень аэрированности пульпы, качественно-количественные показатели обогащения.

*Процессы обезвоживания.* В процессе обезвоживания продуктов обогащения *на грохотах и в центрифугах* периодически контролируется их влажность после обезвоживания, содержание и выход твердого в подрешетных продуктах и фугатах.

Контроль работы *сгустительно-осветлительных* устройств заключается в определении содержания твердого в продуктах сгущения.

При осуществлении контроля обезвоживания шлама на *вакуум-фильтрах* оценивается их производительность, отбираются пробы для определения влажности кека и содержания твердого в фильтрате.

Основные контролируемые показатели работы сушильных установок: производительность, влажность высушенного материала, запыленность отходящих газов

[2, с. 95-119; 6, с. 162-204; 9, с. 187-201].

Вопросы для самопроверки

1. Методика проведения экспресс-анализа.
2. Напишите формулу для расчета эффективности грохочения.
3. Контролируемые показатели процесса флотации и методы их определения.

## 8. Методы оценки эффективности процессов обогащения

Для ведения технологического процесса обогащения угля в оптимальных или близких к ним условиях необходимо иметь объективные критерии для оценки его эффективности.

Назначение критериев эффективности заключается в технологической оценке работы оборудования; оптимизации системы автоматического управления процессами обогащения; выборе оптимальных процессов, технологических схем и обогатительных машин.

Критерии эффективности должны отражать количество продуктов обогащения; учитывать качество исходного угля; быть общими для всех процессов разделения; базироваться по возможности на минимальном количестве информации; иметь простую математическую форму.

Применяемые методы оценки эффективности обогащения можно разделить на три основные группы: аналитические, графоаналитические и графические.

Аналитические методы основаны на применении аналитических формул. К ним относятся методы Т. Г. Фоменко, И. М. Верховского, Ханкока – Луйкена, метод оценки эффективности по засорению продуктов обогащения, энтропийный метод.

Графические и графоаналитические методы основаны на использовании кривых обогатимости и кривых разделения Тромпа [6, с. 170-173; 8, с. 565-572].

Вопросы для самопроверки

1. Метод оценки эффективности по засорению продуктов обогащения.

2. Как определяют эффективность обогащения по кривым разделения Тромпа.

3. Напишите формулы для определения эффективности обогащения.

### 9. Технологический и товарные балансы

*Балансом продуктов обогащения* предприятия по обогащению полезных ископаемых называется технический отчет о поступлении и переработке полезных ископаемых, составленный по определенной форме и содержащий количественные и качественные данные о сырье и продуктах обогащения. Он является основным документом, характеризующим работу отдельных смен углеобогатительной фабрики и работу фабрики за сутки, декаду, месяц, квартал и год. В этом документе масса (объем) и качество рядового угля, переработанного за определенный период времени, балансируется с массой (объемом) и качеством продуктов обогащения, полученных за этот период.

Различают два баланса продуктов обогащения: технологический и товарный.

*Технологический баланс* составляет по данным анализа технологических проб и весового учета переработанных рядовых углей и полученных продуктов обогащения.

Технологический баланс составляется ежесменно и используется для оперативного контроля технологического процесса; оценки работы смены, отдельных технологических комплексов по качеству и количеству полученных продуктов; сравнения результатов работы отдельных смен и составления суточного баланса.

*Товарный баланс* составляется по данным анализа товарных проб и весового учета переработанных рядовых углей и полученных продуктов обогащения. Товарный баланс отличается большой точностью определения качественных и количественных показателей и позволяет учесть потери угля при обогащении.

Товарный баланс составляется ежемесячно. Месячный товарный баланс является основой для составления квартального и годового товарных балансов.

Месячный товарный баланс на углеобогащительных фабриках составляется по принятой форме с использованием данных о массе продуктов, приведенных к влажности рядовых углей; средне-взвешенном показателе качества продуктов; массе потерь (разность между массой рядового угля и массой полученных продуктов обогащения). При этом зольность потерь принимается равной зольности рядового угля.

*Потери угля* с отходами обогащения являются расчетным показателем части рядового угля, находящегося на учете фабрики, которая в процессе обогащения не может быть извлечена в концентрат при принятой технологии или экономической целесообразности, вследствие чего переходят в отходы.

*Норматив потерь* – предельно допустимая величина потерь рядового угля, которая устанавливается предприятию. За допущение сверх нормативных потерь к предприятиям могут быть применены экономические санкции.

На действующих предприятиях норматив потерь складывается из технологически обусловленных (базовых) потерь, связанных с качеством рядового угля и принятой технологией обогащения и статистически определенного вероятного отклонения потерь от базовых (организационно-технические потери). Механические потери (просыпи, переливы, сливы и др.) подлежат устранению и, как правило, не нормируются.

Норматив потерь рассчитывается по разработанным методикам и используется при годовом и перспективном планировании технологических показателей обогащения, при анализе производственно-хозяйственной деятельности фабрики [2, с. 119-123; 9, с. 202-208; 12].

#### Вопросы для самопроверки

1. Исходные данные для составления технологического баланса.
2. Исходные данные для составления товарного баланса.
3. Как рассчитывают организационно-технические потери угля?

## 10. Организация технического контроля на обогатительных фабриках

Технический контроль на обогатительных фабриках осуществляют отдел технического контроля (ОТК) и обслуживающий персонал цехов. При проведении технического контроля работники руководствуются общими положениями о работе ОТК, в которых отражены его функции, задачи, права и ответственность.

При выполнении работ по опробованию и контролю необходимо соблюдать правила техники безопасности, которые разрабатываются для каждого рабочего места. Персонал должен строго выполнять требования правил техники безопасности при выполнении операций опробования и контроля. Контроль выполнения правил техники безопасности осуществляет инженерно-технический персонал служб ОТК, КИП и лабораторий [3, с. 204-237; 9, с. 239-264].

Вопросы для самопроверки

1. Состав отдела технического контроля фабрики.
2. Функции и задачи отдела технического контроля.
3. Права и ответственность отдела технического контроля фабрики.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Студенты выполняют контрольную работу, состоящую из вопросов и задач по различным темам. Изучение вопросов и выполнение работы производится в течение семестра, в котором изучается эта дисциплина и сдается перед сессией на проверку преподавателю.

Условия каждой задачи, решения и ответы должны быть изложены четко с обязательной ссылкой на использованные литературные источники.

Задачи и вопросы по выполнению контрольной работы выбираются по вариантам, соответствующим последней цифре шифра зачетной книжки.

Последняя цифра шифра	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9
Вариант	1	2	3	4	5

При решении задач № 3-5 рекомендуется использовать литературу [3, 4, 9, 10].

### Вопросы и задачи

1. Нарисуйте схему устройства и опишите принцип действия и область применения одного из пробоотбирающих устройств.

Вариант 1. Ковшевой пробоотборник.

Вариант 2. Маятниковый пробоотборник.

Вариант 3. Скреперный пробоотборник.

Вариант 4. Секторный пробоотборник.

Вариант 5. Вакуумный пробоотборник.

2. Контроль и управление одним из технологических процессов обогащения.

Вариант 1. Обогащение угля в тяжелосредних установках.

Вариант 2. Обогащение угля в отсадочных машинах.

Вариант 3. Обогащение угля методом флотации.

Вариант 4. Обезвоживание продуктов обогащения угля на грохотах и центрифугах.

Вариант 5. Обезвоживание продуктов обогащения угля фильтрованием и сушкой.

3. Рассчитать эффективность обогащения  $\varepsilon_{общ}$  угля по формулам Ханкока – Луйкена, Т. Г. Фоменко, И. М. Верховского и КПД обогащения  $\eta$ :

$$\varepsilon_{общ} = \frac{\gamma_k}{100 - A_u^d} \cdot \frac{A_u^d - A_k^d}{A_k^d};$$

$$\varepsilon_{общ} = \frac{\gamma_k(100 - A_k^d)\gamma_{отх}A_{отх}^d}{100(100 - A_u^d)A_u^d};$$

$$\varepsilon_{общ} = \frac{\gamma_k(\gamma_k^l - \gamma_u^l)}{\gamma_u^l(100 - \gamma_u^l)};$$

$$\eta = \frac{A_{отх}^d - A_k^d}{A_{т.ф.}^d - A_{б.м.}^d},$$

где  $A_u^d$  – зольность исходного угля;  $\gamma_k$  и  $A_k^d$  – выход и зольность концентрата;  $\gamma_u^l$  и  $\gamma_k^l$  – содержание легких фракций в исходном угле и концентрате;  $A_{т.ф.}^d$  и  $A_{б.м.}^d$  – зольности тяжелых фракций и беспородной массы.

Выход и зольность отходов ( $\gamma_{отх}$  и  $A_{отх}^d$ ) рассчитать по балансовым уравнениям. Результаты обогащения угля представлены в табл. 1.

Таблица 1

Варианты Показатели	1	2	3	4	5
вых кт $\gamma_k$	89,1	91,6	87,5	81,7	92,7
зол исх $A_u^d$	15,2	12,1	17,3	22,9	11,8
зол кт $A_k^d$	8,3	6,5	9,8	11,9	6,6
лф в исх $\gamma_u^l$	75,2	72,2	75,1	74,9	75,9
лф в кт $\gamma_k^l$	94,7	91,6	93,5	92,7	93,3
зол тф $A_{т.ф.}^d$	80,4	81,3	83,3	79,3	83,2
зол бм $A_{б.м.}^d$	10,6	9,7	11,4	12,1	8,8

4. Для определения погрешности отбора проб от отдельной партии обогащенного угля отобрали шесть объединенных проб, каждая из которых состояла из 64 точечных проб. Принятые погрешности отбора проб  $P_1^1 = \pm 0,5 \%$  и  $P_1^2 = \pm 0,8 \%$ . Зольность объединенных проб указана в табл. 2.

Оценить результаты испытаний при двух значениях принятой погрешности отбора проб и определить фактическую погрешность расчетным путем используя метод отбора проб от отдельных партий, качество которых неизвестно (метод многократного отбора проб).

Таблица 2

Варианты	1	2	3	4	5
Проба	Зольность объединенных проб $A^d$ , %				
1	13,2	7,5	9,8	11,5	10,9
2	13,4	7,1	7,6	12,6	9,4
3	13,9	8,4	7,9	12,9	8,6
4	13,1	8,7	8,6	10,8	9,7
5	12,8	6,9	8,8	13,4	10,3
6	12,2	6,7	9,2	13,3	8,8
Всего					

5. Зольность поставляемого в течение месяца топлива определяется с точностью  $P_1 = \pm 0,5 \%$ . Дубликатные пробы отбирают ежедневно. В среднем за месяц пробы отбирают от 25 партий топлива. Зольность дубликатных проб после 10 дней отбора указана в табл. 3.

Оценить результаты испытаний и дать рекомендации по изменению количества точечных проб, подлежащих отбору в дальнейшем, используя метод определения погрешности при непрерывном и периодическом отборах проб (дубликатный метод отбора проб).

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению контрольной работы

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ОПРОБОВАНИЯ

Методы определения погрешности используются в необходимых случаях для проверки погрешности при отборе или подготовке проб, при создании новых пробоотборников, проборазделочных комплексов и проведении исследовательских работ. Эти методы распространяются на бурые и каменные угли, антрациты, лигниты и горючие сланцы крупностью до 300 мм.

Для оценки точности опробования отдельных партий топлива рекомендован метод отбора проб от отдельных партий, качество которых неизвестно (метод многократного отбора проб), а для проверки достигнутой точности опробования при регулярных поставках – метод определения погрешности при непрерывном и периодическом отборах проб (дубликатный метод отбора проб).

#### I. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ОТБОРА ПРОБ ОТ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРТИЙ ТОПЛИВА, КАЧЕСТВО КОТОРОГО НЕИЗВЕСТНО

##### 1.1. Сущность метода

Метод основан на вычислении диапазона между наибольшим и наименьшим значениями показателя качества не менее шести объединенных проб и сравнении с требуемой погрешностью отбора проб.

Фактическую погрешность можно определять также расчетным путем.

##### 1.2. Проведение испытания

1.2.1. От партии топлива отбирают не менее шести объединенных проб.

Точечные пробы отбирают по ГОСТ 10742-71. Количество точечных проб должно делиться на шесть. Масса угля в каждой пробе должна быть достаточной для проведения анализа. Берут шесть сосудов, пронумерованных от буквы А до буквы F и последовательно помещают в каждый из них одинаковое количе-

ство точечных проб (первую – в сосуд А, вторую – в сосуд В и т. д., седьмую – в сосуд А, восьмую – в сосуд В).

Из шести объединенных проб подготавливают шесть лабораторных проб по ГОСТ 10742-71 и определяют в пробах содержание влаги, зольность или другие показатели качества.

1.2.2. По результатам определения показателя качества в шести пробах вычисляют среднее значение показателя, сумму значений показателя  $M$  и диапазон предельных значений показателя  $R$ .

Диапазон предельных значений показателя качества  $R$  сопоставляют с наибольшей и наименьшей величинами, с которыми необходимо считаться при достижении принятой погрешности в зависимости от направления использования топлива. Эти предельные величины  $R_L, R_U$  вычисляют формулам

$$R_L = g_1 P_1 \text{ и } R_U = g_2 P_1,$$

где  $g_1$  и  $g_2$  – коэффициенты, определяемые по табл. 3;  
 $P_1$  – принятая погрешность, %.

Таблица 3

Коэффициент	Значения коэффициентов при числе объединенных проб				
	6	7	8	9	10
$g_1$	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
$g_2$	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9

### 1.3. Оценка результатов испытания

1.3.1. Диапазон предельных отклонений показателя качества  $R$  сравнивают с принятой погрешностью  $R_L$  и  $R_U$ :

1) при  $R < R_L$  была достигнута меньшая погрешность по сравнению с принятой. При отборе проб от последующих партий того же типа топлива число точечных проб можно уменьшить на 33 %;

2) при  $R_L < R < R_U$  была достигнута принятая погрешность;

3) при  $R > R_U$  принятая погрешность не достигнута. При отборе проб от последующих партий того же типа топлива необходимо увеличить число точечных проб на 50 %.

1.3.2. Фактическую погрешность можно определить расчетным путем.

Среднее квадратическое отклонение от среднего значения показателя ( $S$ ) вычисляют по формуле

$$S = \sqrt{\left(G - \frac{M^2}{n}\right) \frac{1}{n(n-1)}},$$

где  $n$  – количество объединенных проб, шт.;

$M$  – сумма значений показателя качества проб, %;

$G$  – сумма квадратов значений показателя качества проб, %.

Погрешность среднего значения показателя качества задана величиной  $\pm t \cdot S$ , где  $t$  – коэффициент Стьюдента при 95 %-й вероятности согласно табл. 4 при  $f = n - 1$ .

Таблица 4

$f$	5	6	7	8	9	10	15	20	25	50	~
$t_f$	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,13	2,00	2,06	2,01	1,96

Погрешность среднего значения показателя объединенных проб ( $P$ ) в процентах вычисляют по формуле  $P = \pm t \cdot S$ ;

$$P = \pm 0,47 \sqrt{G - \frac{M^2}{n}} \text{ – для шести объединенных проб.}$$

## 2. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ОТБОРЕ ПРОБ ОТ ПАРТИЙ ТОПЛИВА

### 2.1. Сущность метода

Метод основан на оценке серии результатов анализа дубликатных проб, отобранных от партии, с целью достижения требуемой погрешности. По результатам оценки можно изменять количество точечных проб при дальнейшем отборе проб от топлива данного предприятия.

### 2.2. Проведение испытания

2.2.1. От партий топлива отбирают основную и дубликатную пробы, из которых образуют две объединенные пробы.

Количество точечных проб определяют в соответствии с ГОСТ 10741-71.

Точечные пробы помещают в сосуды А и В: первую – в сосуд А, вторую – в сосуд В, третью – в сосуд А и т. д.

Полученные две объединенные пробы подвергают отдельной подготовке. В каждой из проб определяют содержание влаги, зольность или другие показатели качества.

Указанный порядок отбора проб распространяют на десять партий и результаты анализа лабораторных проб записывают.

2.2.2. Вычисляют среднее значение показателя качества, сумму расхождений между дубликатными пробами и среднее расхождение десяти пар дубликатных проб  $\bar{d}$ .

Если результаты анализа одной серии дубликатных проб не сопоставимы с результатами другой серии дубликатных проб, то это свидетельствует о наличии ошибки в отборе и подготовке проб.

Если расхождение между значениями показателя качества дубликатных проб превышает более чем в 3,5 раза среднее расхождение  $\bar{d}$  по серии проб (при исключении этого результата из расчета среднего расхождения), то результаты этих анализов исключают и для повторных расчетов отбирают две дубликатные пробы.

### 2.3. Оценка результатов испытания

2.3.1. Среднее расхождение между значениями  $\bar{d}$ , полученными по дубликатным пробам, сравнивают с теоретическим значением  $D$ , указанным в табл. 5.

Таблица 5

Погрешность $P_1$ , %	Значение $D$ при количестве опробуемых партий										
	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	50
$\pm 0,25$	0,20	0,28	0,35	0,40	0,45	0,63	0,77	0,89	1,0	1,1	1,4
$\pm 0,5$	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,8
$\pm 0,75$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,9	2,3	2,7	3,0	3,3	4,2
$\pm 1,0$	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	2,5	3,1	3,6	4,0	4,4	5,6
$\pm 1,5$	1,2	1,7	2,1	2,4	2,7	3,8	4,6	5,4	6,0	6,6	8,5
$\pm 2,0$	1,6	2,3	2,8	3,2	3,6	5,0	6,2	7,1	8,0	8,8	11,3

Вычисляют отношение  $D: \bar{d}$ . При этом:

1) при  $D: \bar{d}$  до 0,67 – в пробу отбиралось недостаточное количество точечных проб;

2) при  $D: \bar{d}$  от 0,67 до 2,0 – количество точечных проб удовлетворяет принятой погрешности;

3) при  $D: \bar{d}$  свыше 2,0 – в пробу отбиралось слишком большое количество точечных проб.

2.3.2. Если при отборе проб не соблюдено условие  $D: \bar{d}$  от 0,67 до 2,0, то отбирается следующая серия проб, состоящая из 10 дубликатных проб с измененным количеством точечных проб (когда это необходимо) в соответствии с табл. 6 и продолжается до тех пор, пока по двум последующим сериям из 10 пар проб отношение  $D: \bar{d}$  не будет в пределах от 0,67 до 2,0.

Таблица 6

$D: \bar{d}$	Изменение количества точечных проб
Свыше 2,0 до 2,6	Уменьшить на 33 %
Свыше 2,6	Уменьшить на 50%
Свыше 0,50 до 0,6	Увеличить на 50 %
До 0,50	Увеличить на 100 %

2.3.3. После установления требуемого количества точечных проб отбор дубликатных проб может осуществляться с целью проверки. В этом случае нет необходимости отбирать дубликатные пробы от каждой партии. Например, можно отбирать одну пробу как дубликатную из пяти проб или серию 10 дубликатных проб периодически.

Если для серии 10 дубликатных проб отношение  $D: \bar{d}$  находится вне пределов от 0,67 до 2,0, то количество точечных проб изменяют и производят полный отбор дубликатных проб, пока две последующие серии из 10 проб не дадут отношение в пределах от 0,67 до 2,0.

2.3.4. Указанный выше метод может быть использован для определения погрешности отбора проб при определении любых показателей качества топлива. Величина  $D$  для конкретного количества партий прямо пропорциональна принятой погрешности. Например, если требуется определить среднюю величину теплоты сгорания 15 партий топлива с погрешностью  $P_1 = 0,25$ , то по табл. 5 находят значение  $D = 0,77$ .

*Контроль знаний студентов по 3-му разделу проводится во время консультаций в течение 5-й и 6-й учебных недель семестра.*

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

Для ведения технологического процесса обогащения угля в оптимальных или близких к ним условиях необходимо иметь объективные критерии для оценки его эффективности.

Назначение критериев эффективности:

- технологическая оценка работы аппаратов, машин или фабрики в целом;
- оптимизация системы автоматического управления процессами обогащения;
- выбор оптимальных процессов, технологических схем и обогатительных машин.

Критерии эффективности должны:

- отражать количество продуктов обогащения;
- учитывать качество исходного угля;
- быть общими для всех процессов разделения;
- базироваться по возможности на минимальном количестве информации;
- иметь простую математическую форму.

Применяемые методы оценки результатов обогащения и эффективности технологических машин и аппаратов можно разделить на три основные группы: аналитические, графоаналитические и графические.

**Аналитические методы.** Для оценки эффективности имеется много методов, основанных на применении аналитических формул. Это прежде всего формулы, отражающие оценку выхода горючей массы в концентрат и минеральной массы в отходы. Ниже приведены некоторые из них.

Количественная эффективность обогащения по методу Ханкока – Луйкена определяется как отношение выхода концентрата  $\gamma_k$  к выходу абсолютно чистого угля:  $\gamma_k / (100 - A_u^d)$ , а качествен-

ная — как разность зольности исходного угля  $A_u^d$  и концентрата  $A_k^d$ , отнесенная к зольности исходного угля:  $(A_u^d - A_k^d) / A_u^d$ .

Общая формула эффективности

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{\gamma_k}{100 - A_u^d} \cdot \frac{A_u^d \cdot A_k^d}{A_k^d}.$$

Формулы такого типа использовали в своих исследованиях Г. О. Чечотт, Е. Д. Дуглас, Г. Мадель, Н. Г. Тюренков и др.

Техническую эффективность любого процесса обогащения Т. Г. Фоменко оценивает полнотой выделения не полезной части в отходы и полезной в концентрат, т. е. совершенством разделения рядового угля на компоненты.

Формула имеет вид

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{\gamma_k(100 - A_k^d)\gamma_{\text{отх}}A_{\text{отх}}^d}{100(100 - A_u^d)A_u^d},$$

где  $\gamma_{\text{отх}}$  и  $A_{\text{отх}}^d$  — выход и зольность отходов.

Приведенные показатели просты, пригодны для любых методов обогащения угля. Недостаток этих формул заключается в том, что они в большей степени зависят от петрографического состава угольной и минеральной частей исходного угля и не выражают эффективность с точки зрения конечной цели процесса.

Другая группа формул построена на оценке извлечения легких фракций в продукты обогащения. Так, И. М. Верховский для контроля работы обогатительных фабрик предложил формулу общей эффективности обогащения:

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{\gamma_k(\gamma_k^l - \gamma_u^l)}{\gamma_u^l(100 - \gamma_u^l)},$$

где  $\gamma_u^l$  и  $\gamma_k^l$  — содержание легких фракций в исходном угле и концентрате, %.

Аналогичные формулы эффективности, предложенные другими авторами, путем преобразований могут быть приведены к формуле общей эффективности обогащения.

На угольных обогатительных фабриках о точности разделения чаще всего судят по фракционным анализам продуктов обогащения.

*Метод оценки эффективности по засорению продуктов обогащения* заключается в определении содержания угольных, промежуточных и породных фракций в продуктах обогащения. В идеальном случае, когда засорение продукта посторонними фракциями отсутствует, эффективность обогащения равна 100%.

Метод оценки по засорению отличается простотой. Он получил широкое распространение для текущего контроля режима работы обогатительных машин, так как дает наглядное представление о качестве разделения в обогатительном аппарате. Однако такой способ оценки затрудняет сравнение технологической эффективности различных методов обогащения или различных машин. Установленные нормы на предприятиях действительны только для определенного питания и заданной плотности разделения, которая обычно не соответствует фактической плотности разделения в машине.

Оценку эффективности по засорениям продуктов обогащения рекомендуется использовать для гравитационных обогатительных машин при достаточно стабильной характеристике питания.

*Метод оценки технологической эффективности* отдельных процессов обогащения и фабрики в целом можно проводить по коэффициенту  $\eta$ , который определяется по формуле

$$\eta = (A_{отх}^d - A_{м.п.}^d) / (A_{м.ф.}^d - A_{б.м.}^d).$$

Оценка основана на отношении фактически достигнутой разности зольностей товарного продукта и отходов к теоретически возможной разности между зольностями породных фракций и беспородной массы, которые определяются по кривым обогатимости данного угля для фактической плотности разделения.

Практическое использование показало, что в большинстве случаев критерий  $\eta$  объективно характеризует эффективность разделения, учитывая при этом степень совершенства применяемой технологии обогащения. Так, для фабрик с современной технологией обогащения всех классов крупности в общем случае  $\eta = 0,900 \div 0,960$ , для обогащения неклассифицированного угля  $\eta =$

0,850 ÷ 0,910, для антрацитовых фабрик с выделением необогащенного отсева 0-6 мм  $\eta = 0,750 \div 0,820$ .

Сложность применения данного критерия состоит в необходимости определения в каждом случае теоретического баланса продуктов при фактической плотности разделения.

*Энтропийный метод оценки.* Энтропия характеризует степень упорядоченности смеси или системы. Уменьшение энтропии смеси свидетельствует о том, что она становится более однородной. Для условий обогащения это соответствует изменению зольности или содержания породных примесей в угле в процессе разделения. Обогащение происходит по различным физическим показателям (плотности, свойствам поверхности зерен и др.), следовательно, оценку эффективности разделения в каждом случае необходимо определять по изменению этих показателей.

Обогащение в общем случае можно представить как процесс разделения смеси концентратных, промпродуктовых и породных компонентов. Чем меньше засорение каждого продукта остальными компонентами, тем совершеннее обогащение и тем меньше значение энтропии каждого продукта.

Энтропийную эффективность разделения процесса определяют по следующей формуле

$$\eta_s = \Delta H / H_u ,$$

где  $\Delta H = H_u - H_k$  – фактическое уменьшение энтропии;  $H_u$  – начальная энтропия системы;  $H_k$  – суммарная энтропия конечных продуктов.

Несмотря на ясное физическое и статистическое обоснование, этот показатель не получил широкого распространения, так как энтропия учитывает только количественное засорение продуктов разделения посторонними фракциями.

*Разделение углей по крупности.* Наиболее широкое распространение в практике углеобогащения получил метод эффективности по извлечению нижних классов в подрешетный продукт.

При разделении на ситах со штампованными круглыми или квадратными отверстиями можно принять, что верхние классы в подрешетный продукт не, попадают. Показатель эффективности грохочения определяем по формуле

$$E = \frac{100(\gamma_n^n - \gamma_n^H)}{\gamma_n^n (100 - \gamma_n^H)},$$

где  $\gamma_n^n$  и  $\gamma_n^H$  – содержание нижних классов в питании и надRESHETНОМ продукте, %.

**Графические и графоаналитические методы.** Эти методы основаны на использовании кривых обогатимости и кривых разделения Тромпа.

*Оценка эффективности по кривым распределения плотностей* позволяет определить плотность разделения (теоретическую плотность, соответствующую практическому выходу машинного концентрата) и долю посторонних фракций в продуктах обогащения. Кривые распределения плотностей строят по данным фракционных анализов продуктов обогащения и исходных углей.

Оценка эффективности по элементарным кривым обогатимости более наглядна, так как она позволяет определять отклонение практической зольности продукта обогащения от теоретически возможной при данном выходе.

*Оценку эффективности (%) по органическому выходу* (по количественному КПД) проводят с помощью показателя

$$\eta_o = 100\gamma_K / \gamma_{K.M.},$$

где  $\gamma_K$  – выход практического концентрата;  $\gamma_{K.M.}$  – теоретический выход легкой фракции, имеющей ту же зольность, что и практический концентрат;  $\gamma_{K.M.}$  определяют по кривой суммарных всплывших фракций исходного угля.

Коэффициент  $\eta_o$  зависит от значения  $\gamma_K$ , а последняя – от характеристики исходного угля, т. е.  $\eta_o$  является характерным показателем при оценке работы машины только для угля определенных качества и плотности разделения.

*Оценка эффективности по кривым разделения Тромпа* также относится к графоаналитическим методам, но может быть отнесена и к вероятностно-статистическим методам. Она характеризует перемещение легких и тяжелых фракций в продукты обогащения. Для построения кривых Тромпа на оси абсцисс откладывают средние плотности фракций, а на оси ординат – раздели-

тельные числа. Разделительным числом называют отношение количества отдельных фракций в продуктах обогащения (% исходного) к количеству одноименных фракций в исходном угле.

В идеальном случае кривая разделения превратится в параллельную оси ординат прямую, проходящую через точку, соответствующую плотности разделения. Круто расположенные ветви кривой разделения характеризуют те процессы, при которых легкие и тяжелые фракции разделяются с минимальными погрешностями. Тромп направил правую ветвь кривой разделения не вверх, а вниз и получил кривую, напоминавшую по форме частотную кривую Гаусса.

Терра показал, что кривая разделения подобна интегральной кривой распределения Гаусса и что свойства интегральной кривой Гаусса распространены на кривые разделения.

Эффективность обогащения оценивают средним вероятным отклонением  $E_{pm}$  и коэффициентом погрешности  $I$ .

Среднее вероятное отклонение в применении к кривой разделения равно половине разности плотностей двух фракций, извлекаемых в отходы на 75 и 25 %:

$$E_{pm} = (\rho_{75} - \rho_{25}) / 2.$$

Чем круче кривая разделения, тем меньше значение  $E_{pm}$ . Коэффициент погрешности  $I$  находят по формуле

$$I = E_{pm} / (\rho_p - 1000).$$

Тромп полагал, что показатели  $E_{pm}$  и  $I$  не зависят от фракционного состава исходного угля, а учитывают только крупность обогащаемого угля и особенности аппаратов, в которых происходит разделение.

В 1954 г. Международная организация по стандартизации рекомендовала в качестве Международного стандарта оценки эффективности разделения применять критерии  $E_{pm}$  и  $I$  в совокупности с другими показателями.

Исследования показали, что критерии  $E_{pm}$  и  $I$  зависят не только от крупности обогащаемого угля, но и от плотности разделения и удельной производительности обогатительных машин и аппаратов.

Показатель  $E_{pm}$  широко используется на практике в качестве критерия оценки эффективности или точности разделения углей в

соответствующем обогатительном аппарате. Однако показатель  $E_{pm}$  – параметр только среднего, наименее характерного участка кривой разделения. Концы ее, характеризующие извлечение наиболее полезных и наиболее вредных фракций, при определении этого показателя не учитываются. Кроме того, показатель зависит от плотности разделения. Это снижает надежность оценки эффективности по данному методу.

С учетом того, что кривая разделения, объективно отражая деление элементарных фракций или классов крупности на части и их извлечение в соответствующие продукты, является надежной характеристикой эффективности процессов обогащения углей, УкрНИИУглеобогащением разработан метод оценки эффективности, в котором кривая разделения описывается во всем ее диапазоне.

*Контроль знаний студентов по 3ому разделу проводится во время консультаций в течение 11-й и 12-й учебных недель семестра.*

## ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

### ОТДЕЛ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА УОФ

Технический контроль на обогатительных фабриках осуществляют отдел технического контроля (ОТК) и обслуживающий персонал цехов. ОТК возглавляет начальник, которому подчинены сменные мастера ОТК, пробоотборщики (контролеры) и пробо-раздельщики. Начальник ОТК подчиняется директору фабрики. Начальник ОТК имеет право приостановить прием исходного материала, выпуск продуктов обогащения и отгрузку товарной продукции, не соответствующих ГОСТу, ТУ, НПК или временным нормам; приостановить работу фабрики при выпуске брака; запретить погрузку товарной продукции в загрязненные товарные средства; дать предложения директору фабрики о привлечении к ответственности виновных в выпуске брака и нарушениях установленной технологии обогащения.

Вся работа ОТК в сменах выполняется под руководством мастера ОТК, в распоряжении которого имеются пробоотборщики и пробораздельщики. Мастер является сменным начальником ОТК и выполняет в течение смены все его функции. В обязанности контролера входит: строгое соблюдение режима, схемы опробования и контроля в закрепленных за ним точках, а также хранение проб; своевременное оповещение цехового персонала о результатах контроля; немедленное сообщение мастеру ОТК обо всех замеченных нарушениях; своевременная передача проб в проборазделочное помещение; аккуратная запись результатов контроля в рабочие журналы; содержание рабочего места в чистоте, а средств опробования и контроля в исправности; соблюдение правил безопасного ведения работ. В обязанности пробораздельщиков входит: обработка проб в соответствии с действующими ГОСТами и инструкциями; управление проборазделочными машинами и уход за ними; аккуратное ведение рабочих журналов; содержание рабочего места, механизмов и инвентаря в чистоте и исправности; соблюдение правил ведения работ.

Цеховой персонал осуществляет оперативный и текущий контроль технологического процесса по установленной схеме, отвечает за ритмичность протекания технологического процесса и заданные качественно-количественные показатели обогащения.

ОТК ведет следующие журналы: отгрузки товарных продуктов обогащения; регистрации результатов экспресс-анализов; количества исходного материала, поступающего на фабрику; регистрации результатов анализов качества исходного материала и продуктов обогащения; учета отгружаемых товарных продуктов; учета отгрузки продукции с отступлением от требований ГОСТов.

## 1. Общие положения

1.1. Отдел технического контроля является самостоятельным структурным подразделением фабрики.

1.2. Отдел технического контроля подчиняется непосредственно заместителю директора по производству.

1.3. Отдел технического контроля возглавляет начальник, который назначается и освобождается от занимаемой должности

директором фабрики по представлению заместителя директора по производству.

1.4. На должность начальника отдела технического контроля назначаются лица, имеющие высшее горнотехническое образование, опыт работы на фабрике не менее 3-х лет, удостоверение, подтверждающее прохождение аттестации по промышленной безопасности в качестве начальника отдела технического контроля.

1.6. На время отсутствия начальника отдела технического контроля (болезнь, отпуск, командировка, пр.) его обязанности исполняет лицо, назначенное в установленном порядке, которое несет ответственность за надлежащее их исполнение.

1.7. Работники отдела технического контроля назначаются на должности и освобождаются от должностей приказом директора фабрики по представлению начальника отдела технического контроля.

1.8. В своей деятельности отдел технического контроля руководствуется:

- Законодательными нормативными актами, определяющими надлежащее качество продукции.
- Системой государственного надзора, межведомственного и ведомственного контроля за качеством продукции.
- Технологией переработки угольного концентрата на фабрике.
- Действующими в отрасли и на фабрике стандартами и техническими условиями.
- Порядком проведения сертификации поступающего угля и отгружаемого угольного концентрата.
- Порядком аттестации качества поступающего угля и отгружаемого угольного концентрата.
- Порядком предъявления и рассмотрения рекламаций по качеству сырья, готовой продукции.
- Правилами проведения испытаний и приемки поступающего угля и отгружаемого угольного концентрата.
- Опытном передовых отечественных и зарубежных предприятий по достижению высоких показателей качества продукции и организации его контроля.

- Основами экономики, организации производства, труда и управления.
- Основами трудового законодательства.
- Правилами и нормами охраны труда.

## 2. Задачи

2.1. Контроль за выпуском фабрикой качественной и конкурентоспособной продукции (угольного концентрата).

2.2. Предотвращение выпуска фабрикой угольного концентрата, не соответствующего требованиям стандартов и технических условий, утвержденным образцам (эталонам), проектно-конструкторской документации.

2.3. Материально-техническое и методологическое обеспечение (нормативно-технической и технологической документацией, справочными материалами) поставок продукции.

2.4. Соблюдение условий поставки угольного концентрата по договорам.

2.5. Укрепление производственной дисциплины, повышение ответственности всех цехов фабрики за качество поступающего угля и выпускаемого угольного концентрата.

2.6. Обеспечение количественного и качественного учета и отчетности отгружаемого концентрата и поступающего угля по маркам, видам потребления.

## 3. Функции

3.1. Проверка поступающего на фабрику исходного угля, подготовка заключений о соответствии его качества стандартам и техническим условиям.

3.2. Составление актов приемочного контроля по качеству исходного угля.

3.3. Операционный контроль на всех стадиях производственного процесса.

3.4. Проведение выборочного инспекционного контроля за качеством отдельных технологических операций (в том числе транспортировки), технологическим оборудованием и инструментом.

3.5. Определение номенклатуры измеряемых параметров и

оптимальных норм точности измерений.

3.6. Контроль за:

- качеством поступающего угля и выпускаемого концентрата;
- соответствием выпускаемого концентрата стандартам, техническим условиям, утвержденным образцам (эталонам), проектно-конструкторской документации;
- правильностью хранения на угольном складе готовой продукции.

3.7. Оформление в установленном порядке документации на принятый и забракованный угольный концентрат.

3.8. Выявление причин несоответствия поступающего угля и выпускаемого угольного концентрата требованиям нормативно-технической документации, проведение мероприятий по их устранению, определение возможности исправления брака и устранения дефектов.

3.9. Проведение повторных проверок.

3.10. Обеспечение изъятия из оборота выпущенного угольного концентрата при невозможности (нецелесообразности) брака.

3.11. Анализ и технический учет брака поступающего угля и выпущенного угольного концентрата.

3.12. Организация двустороннего обмена информацией о качестве выпущенного угольного концентрата с потребителями.

3.13. Оформление результатов контрольных операций, ведение учета показателей качества выпущенного угольного концентрата, брака и его причин, составление периодической отчетности о его качестве.

3.14. Оформление документов, удостоверяющих качество выпущенного угольного концентрата.

3.15. Систематический контроль за состоянием контрольно-измерительных средств отдела технического контроля.

3.16. Своевременное проведение мероприятий, связанных с введением новых нормативов и стандартов.

3.17. Участие в испытаниях новых образцов угольного концентрата, разработка технической документации на эту продукцию.

3.18. Подготовка выпускаемого угольного концентрата к ат-

тестации и сертификации.

3.19. Участие в разработке разделов о качестве и комплектности договоров на поставку угольного концентрата.

3.20. Анализ рекламаций, изучение причин возникновения нарушений технологии переработки поступающего угля, выпуска брака угольного концентрата.

3.21. Разработка предложений по повышению качества выпускаемого угольного концентрата, а также по повышению требований к качеству поступающего исходного угля.

3.22. Составление и осуществление мероприятий по улучшению условий труда, промышленной безопасности на рабочих местах.

## 4. Права

4.1. Отдел контроля качества имеет право:

4.1.1. Прекращать приемку поступающего угля и отгрузку угольного концентрата в случае:

- несоответствия его качества стандартам, технической документации, утвержденным эталонам, образцам;
- отсутствия обязательной установленной технической документации;

О прекращении приемки (отгрузки) начальник отдела контроля качества в письменном виде ставит в известность заместителя директора по производству.

Распоряжение начальника отдела контроля качества об отказе в пропуске продукции может быть отменено только на основании письменного приказа директора фабрики.

4.1.2. При выявлении несоответствия поступающего угля и выпускаемого угольного концентрата стандартам на отдельных этапах производства вносить предложения руководству фабрики о приостановке процесса обогащения в соответствующих цехах фабрики, а сам концентрат браковать.

4.1.3. Требовать от руководителей всех цехов фабрики:

- проведения мероприятий, направленных на повышение качества выпускаемого угольного концентрата;
- предоставления необходимой для осуществления работы отдела технического контроля информации;

4.1.4. В случае возникновения разногласий по качеству выпущенного угольного концентрата принимать окончательное решение о приемке или отбраковке последнего.

4.1.5. При разрешении споров о качестве выпущенного угольного концентрата в суде выдавать экспертное заключение (по требованию суда).

4.2. Начальник отдела технического контроля также вправе представлять:

4.2.1. Предложения о поощрениях отличившихся работников и о привлечении к дисциплинарной ответственности работников, не соблюдающих трудовую и производственную дисциплину.

4.2.2. Заключение о фактах порчи ценностей (при составлении документов для оформления списания недостач ценностей и порчи сверх норм естественной убыли).

## 5. Ответственность

5.1. Ответственность за качество и своевременность выполнения функций отдела несет начальник отдела технического контроля.

5.2. На начальника отдела технического контроля возлагается персональная ответственность за:

5.2.1. Соответствие законодательству издаваемых отделом инструкций и указаний по вопросам качества продукции.

5.2.2. Составление, утверждение и представление достоверной информации о качестве продукции.

5.2.3. Обеспечение руководства предприятия информацией о качестве выпускаемой продукции.

5.2.4. Своевременное, а также качественное исполнение распоряжений руководства предприятия по вопросам качества продукции.

5.2.5. Недопущение использования неисправных приборов контроля.

5.2.6. Недопущение применения устаревших нормативов и стандартов.

5.2.7. Качественное и своевременное исполнение своих должностных обязанностей.

5.3. Ответственность работников отдела технического контроля устанавливается соответствующими должностными инструкциями.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ПО ОПРОБОВАНИЮ И КОНТРОЛЮ

В России технике безопасности уделяется большое внимание как одному из важнейших мероприятий по охране труда и повышению его производительности. Безопасность работников ОТК, КИП и лабораторий обогатительных фабрик обеспечивается выполнением установленных правил техники безопасности и санитарно-технических норм. Персонал ОТК, КИП и лабораторий должен проходить периодическое медицинское освидетельствование. Вновь принятые и переведенные на другую работу должны пройти предварительное обучение по технике безопасности с проверкой их знаний мастером ОТК или другим ответственным лицом. Кроме того, они должны пройти специальный курс обучения своей специальности по утвержденной программе, обучаясь под руководством опытных производственников непосредственно на рабочих местах. К самостоятельной работе они допускаются только после сдачи экзаменов по технике безопасности, санитарно-техническим нормам, пожарной безопасности и своей специальности. Не реже одного раза в год должна проводиться повторная проверка знаний всем персоналом, занятым опробованием и контролем, техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности.

Правила техники безопасности разрабатываются для каждого рабочего места. Персонал должен строго выполнять эти правила. Контроль выполнения правил техники безопасности осуществляет инженерно-технический персонал служб ОТК, КИП и лабораторий.

Общие требования правил техники безопасности при выполнении операций опробования и контроля следующие:

1. До начала смены рабочий должен проверить свое рабочее место и принять меры по устранению неисправностей оборудования.
2. Работать только на исправном оборудовании и пусковой аппаратуре.
3. Не работать при неисправных и снятых огражде-

ниях с движущихся частей. 4. Не ремонтировать, не чистить и не смазывать оборудование на ходу. 5. При дистанционном пуске оборудования необходимо получить ответный сигнал с рабочего места. 6. Спецодежда должна быть удобной и соответствовать особенностям выполняемой работы. 7. Не включать оборудование во время ремонта. На пусковые устройства ремонтируемого оборудования должны быть повешены предостерегающие плакаты, а электродвигатели обесточены. 8. Машины и приборы высотой более 1,5 м должны иметь площадки и лестницы, ограждаемые перилами высотой 1 м и сплошным бортом по низу не менее 0,18 м. 9. Не работать без предохранительных устройств. 10. Свободные проходы для наблюдения за оборудованием должны быть не менее 0,7 м от наиболее выступающих его частей. 11. Останавливать железнодорожные вагоны можно только с помощью специальных «башмаков». 12. Перемещать вагоны необходимо только после предупредительного сигнала. 13. Электрические приборы должны отвечать требованиям действующих правил техники безопасности. 14. Все проходы, устройства, контрольно-измерительные приборы и рабочие места должны быть освещены в соответствии с ГОСТами. 15. Запрещается обслуживать электрические приборы без применения защитных средств и с неисправным заземлением. 16. При ремонте приборов и электрооборудования на их пусковых устройствах вывешиваются таблички с надписью: «Не включать! Работают люди!». 17. Во всех помещениях обогатительных фабрик запрещается пользоваться открытым огнем. Курить разрешается только в специально отведенных местах. 18. Нормы запыленности помещений должны обеспечиваться применением специальных мер по обеспыливанию воздуха (вытяжная вентиляция, герметизация, орошение и др.). 19. Для персонала, работающего с различными реактивами, разрабатываются специальные инструкции, учитывающие токсичность реактивов. 20. Вблизи рабочих мест всегда должна быть кипяченая или газированная вода. 21. На каждой фабрике должны быть аптечки первой помощи и носилки для переноса пострадавших лиц.

*Контроль знаний студентов по 3-му разделу проводится во время консультаций в течение 16-й и 17-й учебных недель семестра.*

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клейн, М. С. Технология обогащения полезных ископаемых [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина ; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. – Кемерово, 2017. – 193 с. – Доступна электронная версия:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91519&type=utchposob:common/>

2. Клейн, М. С. Опробование и контроль процессов обогащения [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации 21.05.04.06 «Обогащение полезных ископаемых» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина ; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. – Кемерово, 2017. – 144 с. – Доступна электронная версия:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91529&type=utchposob:common/>

3. Кипнис, Ш. Ш. Контроль технологических процессов на углеобогатительных фабриках. – Москва: Недра, 1985. – 244 с.

4. ГОСТ 27379-87. ТОПЛИВО ТВЕРДОЕ. Методы определения погрешности отбора и подготовки проб. Введ. 01.09.1987. – Москва: Изд-во стандартов, 1987. – 23 с.

5. ГОСТ 10742-71. Угли бурые, каменные антрациты, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний. Введ. 01.01.1972. – Москва: Изд-во стандартов, 1972. – 22 с.

6. Козин, В. З. Опробование на обогатительных фабриках. – Москва: Недра, 1988. – 287 с.

7. Справочник по обогащению углей / под ред. О. С. Богданова. – Москва: Недра, 1974. – 614 с.

8. Техника и технология обогащения углей / В. В. Беловолов, Ю. Н. Бочков, М. В. Давыдов [и др.]; под ред. В. А. Чантурия, А. Р. Моляко. – Москва: Наука, 1995. – 662 с.

9. Серго, Е. Е. Опробование и контроль технологических процессов обогащения. – Киев: Вища школа, 1979. – 272 с.

10. Фоменко, Т. Г. Технология обогащения углей / Т. Г. Фоменко, В. С. Бутовецкий, Е. М. Погарцева. – Москва: Недра, 1985. – 367 с.

11. Тайц, Е. М., Андреева И. А. Методы анализа и испытания углей. – Москва: Недра, 1983. – 301 с.

12. Клейн, М. С. Опробование и контроль процессов обогащения [Электронный ресурс] : методические указания к курсовому проекту для обучающихся специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Обогащение полезных ископаемых», всех форм обучения / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кафедра обогащения полезных ископаемых. – Кемерово, 2019. – 35 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9836>. – Загл. с экрана.

13. ГОСТ 2093-82. Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава.

14. ГОСТ 11022-95. Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности.

15. ГОСТ 11014-2001. Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Ускоренные методы определения влаги.

16. ГОСТ 4790-93. Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод фракционного анализа.