



**М. С. Клейн Т. Е. Вахонина**

# **ОПРОБОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

**Учебное пособие**



**Кемерово 2022**

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

**М. С. Клейн Т. Е. Вахонина**

**ОПРОБОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ  
ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

**Учебное пособие**

Кемерово 2022

УДК 622.7.09(075.8)

Рецензенты:

Ю. Ф. Патраков, д-р хим. наук, профессор, главный научный сотрудник Института угля Федерального исследовательского центра угля и углекислоты СО РАН (ФИЦ УУХ СО РАН)

В. Г. Чаплин, зам. директора по обогащению и переработке угля АО «Черниговец» **титульный экран**

Клейн, М. С. **Опробование и контроль процессов обогащения** : учебное пособие / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина – 3-е изд. – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – 147 с. – ISBN 978-5-00137-301-8. – Текст : непосредственный.

Кратко изложены основные процессы и аппаратура опробования и контроля на обогатительных фабриках. Описаны способы, правила и системы отбора, транспортирования и обработки проб.

Подготовлено по дисциплине «Опробование и контроль процессов обогащения» и предназначено для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации 21.05.04.06 «Обогащение полезных ископаемых».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева.

УДК 622.7.09(075.8)

© Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, 2022

© Клейн М. С.,  
Вахонина Т. Е., 2022

ISBN 978-5-00137-301-8

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРОБОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ	7
1.1. Основные понятия опробования и контроля технологических процессов обогащения	7
1.2. Обработка опытных данных	11
1.3. Выборочный контроль и его погрешности	18
1.4. Определение минимальной массы пробы и необходимого числа проб	24
Вопросы для самопроверки	30
2. МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТБОРА	31
2.1. Отбор проб в забоях	31
2.2. Отбор проб от неподвижных масс	32
2.3. Отбор проб от перемещаемых масс	35
Вопросы для самопроверки	48
3. ПОДГОТОВКА ПРОБ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОБ	49
3.1. Типовые операции обработки проб	49
3.2. Оборудование для обработки проб	52
Вопросы для самопроверки	56
4. МЕТОДЫ ОТБОРА И ПОДГОТОВКИ ПРОБ ТОПЛИВА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ	57
4.1. Общие положения	57
4.2. Отбор проб топлива	60
4.3. Подготовка проб топлива для анализов и исследований	65
4.4. Оборудование для обработки проб топлива	68
4.5. Определение погрешностей на разных стадиях подготовки пробы	76
Вопросы для самопроверки	78
5. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА	79
5.1. Весовой учет исходного материала и продуктов обогащения	79
5.2. Контроль расхода, плотности и концентрации твердого в пульпе	80
5.3. Контроль вспомогательных параметров процессов	86
5.4. Приборы для определения зольности углей	89
5.5. Приборы для определения влажности углей	100
Вопросы для самопроверки	104

6.	<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ</b>	105
6.1.	Функции и задачи системы технического контроля на обогатительных фабриках	105
6.2.	Технологический контроль процесса грохочения	108
6.3.	Технологический контроль процесса дробления	110
6.4.	Оперативный контроль гравитационных процессов обогащения	111
6.5.	Технологический контроль процесса отсадки	112
6.6.	Технологический контроль процесса обогащения в тяжелых средах	114
6.7.	Технологический контроль процесса флотации	119
6.8.	Технологический контроль процессов сгущения, обезвоживания и сушки	121
	Вопросы для самопроверки	124
7.	<b>ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ СЫРЬЯ И ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ</b>	125
7.1.	Правила принятия топлива по качеству	125
7.2.	Методы определения погрешности опробования	129
	Вопросы для самопроверки	134
8.	<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ И ТОВАРНЫЙ БАЛАНСЫ</b>	135
	Вопросы для самопроверки	138
9.	<b>ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОПРОБОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ АНАЛИЗОВ</b>	139
	Вопросы для самопроверки	142
	Приложение А. Перечень стандартов на уголь и продукты его переработки	143
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	145

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Успешная работа обогатительных фабрик во многом зависит от знания и правильного ведения технологических процессов, а систематическое опробование и контроль позволяют осуществлять объективную оценку эффективности процесса обогащения. В связи с этим необходимо постоянно повышать уровень подготовки высококвалифицированных специалистов с учетом внедрения новой техники и улучшения организации труда. Одно из условий успешной подготовки кадров – обеспечение их учебной литературой.

Содержание настоящего пособия изложено в девяти главах, которые состоят из теоретических и практических основ изучаемой дисциплины, контрольных вопросов.

В первой главе освещены вопросы теории опробования полезных ископаемых и продуктов их обогащения, обработки опытных данных. Во второй и третьей главах описаны виды опробования и способы отбора проб от неподвижно лежащих и находящихся в движении масс исходных материалов, а также способы обработки этих проб. Приведены конструкции различных пробоотбирателей и проборазделочных машин. В четвертой главе рассмотрены методы отбора и подготовки проб топлива для лабораторных испытаний. В пятой и шестой главах изложены методы и средства измерения параметров процесса и принципы технологического контроля основных производственных процессов. Рассмотрены комплексные системы управления качеством продуктов. В главах с седьмой по девятую отражены вопросы практики и организации опробования и контроля на обогатительных фабриках, техники безопасности.

Назначение настоящего пособия – формирование у студентов комплексного подхода к решению проблем опробования и контроля при обогащении полезных ископаемых. Пособие может быть также полезно для повышения квалификации работников обогатительных фабрик.

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Опробование и контроль процессов обогащения» входит в образовательную программу студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Настоящая дисциплина предназначена для углубленного изучения теоретических основ, особенностей и современных методов опробования и контроля технологических процессов обогащения полезных ископаемых.

Цель изучения дисциплины заключается в формировании у студентов теоретических знаний о современных методах опробования технологических процессов при обогащении полезных ископаемых и методах контроля над этими процессами.

В результате изучения дисциплины «Опробование и контроль технологических процессов обогащения» студент должен:

- знать основные методы опробования и контроля технологических процессов обогащения руд и углей;

- изучить оборудование и приборы, позволяющие осуществлять с необходимой точностью опробование продуктов обогащения и контролировать технологические процессы с целью повышения их эффективности;

- приобрести навыки в освоении современных методов опробования продуктов обогащения и расчете оборудования для комплексного контроля над технологическими процессами обогатительных фабрик;

- уметь решать основные задачи опробования: расчет параметров опробования, расчет технологического и товарного балансов, расчет норматива потерь угля с отходами;

- уметь выбирать средства измерения параметров технологических процессов, составлять схему опробования и контроля технологического процесса обогатительной фабрики.

Контроль обогатительных процессов является одной из дисциплин, знание которой необходимо любому практическому работнику обогатительной фабрики и шахты, инженеру, исследователю и проектировщику.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРОБОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ

## 1.1. Основные понятия опробования и контроля технологических процессов обогащения

### *Роль опробования и контроля технологических процессов*

Обогащение полезных ископаемых – сложный многофакторный производственный процесс, эффективность которого зависит от применяемой технологии обогащения конкретного полезного ископаемого и от качества управления производственным процессом.

Весь цикл обогащения – от поступления исходного материала на фабрику до выдачи продуктов обогащения – состоит из многих процессов, которые выполняются в определенной последовательности и технологически связаны между собой. Нарушение режима работы одного из процессов или оборудования отражается на работе остальных и на результатах обогащения полезных ископаемых на фабрике в целом.

Чтобы своевременно выявить отклонения технологического процесса от заданного режима, необходимо систематически контролировать основные показатели работы отдельных аппаратов и получать информацию о текущих значениях факторов, которые характеризуют процесс.

Контроль производства является одним из важнейших мероприятий, благодаря которому достигается ритмичность протекания технологических процессов и заданные качественно-количественные показатели обогащения. Контроль должен быть оперативным и четко организованным на всех стадиях производства.

Контроль технологических процессов обогащения – это определение методом опробования показателей эффективности процесса и оценка его состояния. Фактические (измеренные) показатели сопоставляются с заданными или оптимальными.

Опробование сопутствует любому процессу обогащения, поскольку определение качества исходных и полученных продуктов и расчет технологических показателей возможно только соответствующими измерениями.



Опробование – это процесс получения характеристик испытуемого массива путем выделения части массива (пробы), подготовки ее к анализу и измерения контролируемых показателей.

Опробование и контроль обогатительных процессов является одной из основных дисциплин, знание которой необходимо любому практическому работнику обогатительной фабрики и шахты, инженеру, исследователю и проектировщику.

### *Цели и задачи опробования*

Опробование в обогащении полезных ископаемых – комплекс операций по отбору проб и подготовке их к анализу для контроля технологических процессов и основных характеристик сырья, продуктов обогащения и вспомогательных материалов, используемых при обогащении.

Основной задачей опробования является контроль заданного режима технологического процесса и работы оборудования, а также контроль качества продуктов разделения, при соответствующей точности и надежности результатов.

Цели опробования:

- получение информации о испытуемом продукте. Получение такой информации может осуществляться определением свойств всего испытуемого материала (например, определения массы взвешиванием) или определением свойств части материала (массива) с распространением этих свойств на весь материал (массив);
- получение представительной (объединенной) пробы, в которой с допустимой суммарной погрешностью опробования и анализа сохранены значения контролируемых характеристик испытуемого продукта (материала).

Определить свойства материала возможно без изъятия (выделения) из всего массива пробы. Такими способами контролируют свойства с помощью автоматических датчиков (расходомеры, плотномеры, влагомеры и т. д.). Но в большинстве случаев на обогатительных фабриках распространено опробование с изъятием части испытуемого материала, ее последующей обработкой и анализом.

В зависимости от дальнейшего использования результатов анализа проб опробование подразделяют:

- на технологическое оперативное – для контроля и управления процессами обогащения;

- технологическое балансовое – для составления технологических балансов продуктов обогащения;
- товарное – для учета показателей качества товарной продукции при составлении товарного баланса и взаиморасчетов между поставщиком и потребителем.

Технологическому опробованию подвергаются различные технологические продукты за контролируемый период времени.

Товарному опробованию подлежат каждые поставки полезного ископаемого или концентрата отдельно по представленным в снабжении партиям.

### *Виды проб*

Проба – некоторая часть массива, изъятая для оценки с допустимой погрешностью контролируемых свойств этого массива.

Массив испытуемого – масса материала, для которого необходимо установить численное значение некоторых характеристик (гранулометрический состав, фракционный состав, зольность, содержание серы, содержание влаги, плотность, выход летучих веществ и т. д.).

Партия материала – количество материала, которое произведено и отгружено потребителям за определенный промежуток времени (смену, сутки и т. п.), среднее качество которого характеризуется одной объединенной пробой. Партией считается материал одного типа или сорта, поставляемого по одному сертификату.

Контрольный период (период опробования) – период времени, в течение которого производится опробование массива. На обогатительных фабриках используются периоды: час, смена, сутки, месяц, иногда год.

Основной характеристикой пробы является масса.

Минимальная масса пробы – наименьшая масса при заданном способе отбора проб, отражающая свойства массива с допустимой погрешностью.

Необходимая (достаточная) масса пробы – масса пробы, достаточная для выполнения измерений, анализов и исследований.

Начальная масса пробы – фактически отобранная при опробовании массива.

Начальная масса пробы всегда должна быть больше (или равна) минимальной и необходимой массе. Минимальная и необходимая массы пробы могут быть как больше, так и меньше друг друга.

По способу отбора пробы делят на точечные и объединенные.

Точечная (частичная, разовая) проба – количество материала, отобранного из одного места одноразовым движением устройства для отбора проб. В нее попадают только расположенные рядом куски, и она характеризует только локально ограниченную массу.

Объединенная (общая, составленная) проба – проба, которая состоит из необходимого количества точечных проб, которые отбираются непосредственно от всего массива и характеризуют его среднее качество. Таким образом, она является совокупностью точечных проб и характеризует весь массив в целом. Объединение может выполняться как физически (смешивание точечных проб), так и математически (расчет показателей объединенной пробы).

По назначению пробы делятся на аналитические и технологические.

Аналитическими называют пробы, предназначенные для выполнения измерения свойств массива.

Технологическими называют пробы, предназначенные для выполнения технологической операции с целью получения продуктов обогащения.

Понятия аналитической и технологической проб очень широки и не всегда могут быть очерчены.

Аналитические пробы могут быть минералогическими, химическими, пробами для проведения анализа. Кроме этого, они могут быть пробами на влажность, плотность, фракционный состав и т. д. По условиям использования выделяют товарные, оперативные балансовые пробы.

Принято различать три вида опробования:

- 1) минералогическое;
- 2) химические;
- 3) технологическое.

Минералогическое опробование позволяет изучать состав полезного ископаемого, характер прорастания компонента и рекомендовать крупность помола перед обогащением.

Минералогические пробы могут быть двух видов:

а) качественные пробы. Они характеризуют качественный состав и структурные особенности минерального сырья;

б) количественные пробы. Они характеризуют состав продуктов обогащения и их взаимозасорение, раскрытие сростков, иногда позволяют судить о содержании минеральных примесей.

Химическое опробование позволяет установить содержание полезных компонентов в опробуемом материале. Этот вид опробования наиболее труден, так как осуществляется при высокой степени сокращения исходного материала. Степенью сокращения называют отношение веса опробованного материала к весу пробы, отправленной в химическую лабораторию. Степень сокращения может быть от 100000 до 10000000 раз.

Технологическое опробование служит для исследования минерального сырья в целях получения данных необходимых для проектирования схемы обогащения ископаемого или для правильной эксплуатации действующей фабрики (то есть для поддержания технологического режима в заданных параметрах).

Опробование проводят последовательным выполнением отбора точечных (разовых) проб, составлением из них объединенной пробы и подготовкой из этой пробы проб для анализа.

Отбор и подготовку проб проводят преимущественно механизированными средствами при использовании механических пробоотборников различных типов и проборазделочных установок, состоящих из дробилок, истирателей и механических сократителей. Ручные методы отбора и подготовки допускаются только в тех случаях, когда невозможно организовать механизированные.

## **1.2. Обработка опытных данных**

### *Первичная обработка опытных данных*

Научной основой процесса технологического контроля производства является математическая статистика.

Элементы и методы математической статистики используются в теории и практике опробования полезных ископаемых в процессе их переработки, контроля сырья, промежуточной и конечной продукции производств.

При этом учитывается массовость процессов, происходящих при обогащении полезных ископаемых, изменчивость (варьирование) показателей их качества.

С помощью математической статистики оцениваются погрешности разделения, расчеты параметров испытания, контроль качества исходного сырья и продуктов обогащения. Это позволяет проводить объективный анализ технологических процессов, что является одним из условий повышения качества продуктов.

Для выполнения анализа данных об изменении параметров процесса или показателей качества необходимо провести статистическую обработку этих данных. Целью анализа могут быть множество опытных данных (например, содержание серы в концентрате при переработке угля различных шахт, зольность угля при добыче различными комбайнами или комплексами, число оборотов и зазор между импеллером и статором флотомашин, изменение температуры в сушильной установке и т. д.).

Результат каждого отдельного измерения называется вариантом и соответствует порядковому номеру измерений 1, 2, 3... ( $x_1, x_2, x_3...$ ).

Относительно опробования вариантом будет единичный результат анализа или исследования единичной пробы.

Эти значения являются реализацией (внедрением) случайной величины (среднее арифметическое ряда чисел). Случайной она называется потому, что может принимать любые значения в определенном интервале (область существования).

Ряд значений (вариант), которые представлены в виде таблицы, составляют вариационный ряд.

В ряде случаев в процессе первичной обработки накопленные данные располагают по степени возрастания. Такой упорядоченный ряд чисел называется статистическим рядом или рядом распределения.

Варианта, расположенная в центре статистического ряда, называется медианой. Варианта, которая наиболее часто встречается в этом ряду, называется модой.

Но медианой и модой можно пользоваться для характеристики только главной части измерений. Для полной характеристики вариационного ряда лучше пользоваться средним арифметическим.

В производственной практике с целью наглядности и облегчения понимания опытных данных широко используют их графиче-

ское представление. Это позволяет выявлять закономерности, которым подвергается рассмотренный ряд данных, наметить меры по устранению ухудшения качества продуктов или состояния процессов, или усилить положительный результат.

При большом количестве данных для удобства их дальнейшей обработки полученные данные разбивают на интервалы (группы) и определяют частоту значений изучаемого показателя в каждом интервале. При разбиении данных по интервалам следует исходить из следующих рекомендаций:

- ширина интервала должна быть одинаковой или такой, чтобы ряд был разбит не меньше, чем на 6 – 12 интервалов;
- желательно, чтобы ширина интервалов и их середины были выражены целыми числами.

Ширину интервала можно определить из соотношения:

$$d = \frac{R}{k}, \quad (1.1)$$

где  $R$  – размах колебаний (разница между наибольшим и наименьшим значениями измерений):

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (1.2)$$

$k$  – число интервалов группировки, зависящее от количества опытных данных  $n$ :

$$k = 3,33 \lg n + 1. \quad (1.3)$$

Количество значений показателя в каждой группе называется частотой  $m$ . По абсолютным частотам рассчитываются относительные частоты, или частость ( $100 m/n$ ).

Если представить распределение данных графически в виде столбцов, то получим гистограмму.

Для ее построения на оси абсцисс необходимо нанести в масштабе границы интервалов, а на оси ординат – абсолютные или относительные частоты и построить для каждого интервала прямоугольник с принятой шириной интервала и высотой  $m$  (или частость) (1, рис. 1.1).

Гистограмма может дать ценную информацию, если сравнить полученное распределение с контрольными нормативами; а также, если по полученным данным определить среднее значение и стандартное отклонение. Гистограмма используется главным образом для анализа измеренных значений (установленных) параметров.

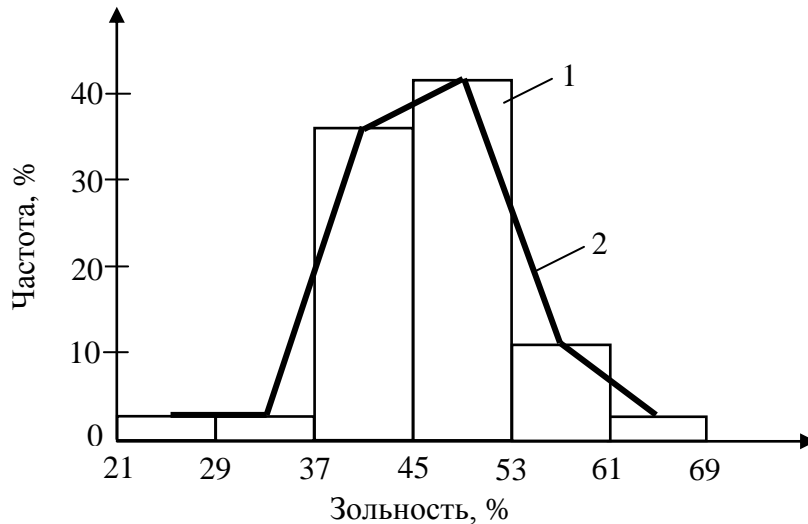


Рис. 1.1. Гистограмма (1) и полигон (2) распределения опытных данных (полигон частот)

Распределение изучаемого признака можно представить полигоном частот (2, рис. 1.1), построение которого аналогично построению гистограмм. Ломаной линией соединяют середины верхних оснований прямоугольников частот по интервалам. Крайние точки соединены с серединами оснований групп, расположенных за ними. Число относительных частот, приходящихся на единицу ширины интервала, называют плотностью распределения.

Поскольку показатели качества сырья и продуктов могут иметь любые значения в своем диапазоне, гистограммы могут быть построены с очень малой шириной интервала. Тогда ломаная линия, которая характеризует плотность распределения данного показателя, превращается в плавную линию.

Для представления ситового и фракционного анализа используются суммарные (кумулятивные) гистограммы и кривые распределения. Благодаря непрерывности суммарных кривых можно установить выход любой фракции или класса крупности материала.

Для контроля уровня требуемого показателя качества используются контрольные карты.

Контрольная карта представляет собой специальный бланк, на котором проводятся центральная линия согласно средним показателям, и две линии выше и ниже средней. Они называются верхней и нижней контрольными пределами. На эту карту наносятся данные измерений (или контроля параметра) и условий производства. Исследуя изменение данных в течение времени, следят, чтобы точки графика не выходили за контрольные пределы. Если оказывается

выброс одной или нескольких точек за эти пределы, это свидетельствует об отклонении параметров или условий процесса от установленной нормы. Для выявления причин отклонений исследуют влияние характеристик исходного сырья, технологического режима, технического оснащения. Данные контрольных карт используют для построения гистограмм. Графики, полученные по контрольным картам, сравнивают с контрольными нормативами. Все это представляет ценную информацию для решения возникших проблем.

Такая работа обычно выполняется ОТК ОФ или шахт при обновлении нормативов технических условий на выпускаемую продукцию, или для отчетности о качестве.

### *Статистическая обработка опытных данных*

Для выполнения анализа данных об изменениях параметров процесса или показателей качества необходимо провести статистическую обработку этих данных.

Первичная обработка опытных данных дает только качественное представление об изменениях изучаемого показателя. Для количественной оценки распределения опытных данных необходимо определить их характерные признаки.

Для оценки данных рассеяния значений показателей качества часто применяют разницу наибольшего и наименьшего значения  $R$  (размах колебаний). Это позволяет оперативно оценить, в каких пределах изменяется показатель. Однако его использование может привести к ошибочным выводам.

Первое: отклонение, по которым определяется критерий, могут быть не характерны для данного объекта; они могут быть результатом грубых (ошибочных) измерений.

Второе: при его определении используется информация только о двух предельных, а не о всех текущих значениях признака.

Статистическая обработка начинается с определения среднего значения и степени отклонения показателей в отношении его.

Среднее арифметическое значение:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}. \quad (1.4)$$

Среднее взвешенное значение:

$$\bar{X} = \frac{x_1 \cdot m_1 + x_2 \cdot m_2 + x_3 \cdot m_3 + \dots + x_n \cdot m_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} = \frac{\sum x_i \cdot m_i}{\sum m_i}. \quad (1.5)$$



$$\text{Например: } A_{cp}^d = \frac{A_1 \cdot \gamma_1 + A_2 \cdot \gamma_2 + A_3 \cdot \gamma_3 + \dots + A_n \cdot \gamma_n}{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_n} = \frac{\sum A_i \cdot \gamma_i}{\sum \gamma_i}.$$

Полученные выводы из результатов расчета среднего арифметического должны совпадать с анализом изучаемых явлений или процессов. Например, средняя плотность сгущенного продукта двух гидроциклонов равна 500 г/л, но это еще не значит, что оба аппарата работают одинаково.

Более полное представление о мере колебания (рассеяния) параметра дает среднее отклонение  $\Delta$  – сумма отклонений всех вариантов от среднего арифметического значения, деленная на количество вариантов  $n$ :

$$\Delta = \frac{\sum |x_i - \bar{X}|}{n}. \quad (1.6)$$

Более удобным для статистических расчетов является среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  – среднее квадратическое значение отклонений отдельных измерений от среднего значения генеральной совокупности:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}. \quad (1.7)$$

Квадрат этой величины  $\sigma^2$  называется дисперсией.

Среднеквадратичное отклонение дает обобщенную количественную характеристику изменчивости показателя и характеризует совокупность в целом. Чем больше изменчивость показателя относительно среднего значения, тем больше  $\sigma$ .

Среднеквадратичное отклонение, как размах и дисперсия, измеряется в тех же единицах, что и оцениваемые ими показатели.

Среднее значение отклонение  $\Delta$  и среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  называют параметрами распределения.

При сравнении изменчивости показателей в нескольких вариационных рядах с равным уровнем среднего значения признака достаточно сопоставить среднеквадратичное значение признака. Если же средние значения существенно отличаются друг от друга, такая оценка недостаточна. При таком положении сравнивают относительные значения  $\sigma$ .

Для сопоставления разноименных рядов или одноименных с различными средними значениями используют показатель изменчивости, который называют коэффициентом вариации:

$$V = \frac{\sigma}{X} \cdot 100 \% . \quad (1.8)$$

Например, средние значения зольности концентрата двух флотомашин составляют 9 % и 11 %, а среднеквадратические отклонения одинаковы и равны  $\sigma = 0,4$  %. Коэффициенты вариации будут соответственно:

$$V_1 = \frac{0,4}{9} \cdot 100 = 4,4 \% ; \quad V_2 = \frac{0,4}{11} \cdot 100 = 3,6 \% .$$

В данном случае показатель изменчивости больше в первой машине, значит в ней более ощутимые колебания зольности.

В некоторых случаях, особенно когда значения измерений, выражены небольшими числами, расчет удобнее проводить по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{X}^2} . \quad (1.9)$$

Среднеквадратичное отклонение также приблизительно можно определить по размаху колебаний:

$$\sigma = \frac{R}{d} , \quad (1.10)$$

где  $d$  – коэффициент, зависящий от объема выборки.

Значение этого коэффициента следующие:

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d$	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	1,704	2,847	2,970	3,708

Если есть ряд параллельных измерений показателей, то среднеквадратичное отклонение можно рассчитать по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}} , \quad (1.11)$$

где  $d_i$  – разница значений каждой пары параллельных измерений;  
 $n$  – число измерений.

### 1.3. Выборочный контроль и его погрешности

При исследовании производственных процессов не всегда есть возможность исследовать всю генеральную совокупность массы продуктов обогащения. Поэтому прибегают к выборочному контролю, т. е. исследованию некоторой ее части – выборки. Выборка должна быть такой, чтобы полученные результаты можно было распространить на всю генеральную совокупность.

В процессе испытания возникают ошибки трех видов: случайные, систематические и грубые (или промахи).

Случайные ошибки зависят от неоднородности материала и объема измерений (числа проб).

Систематические ошибки вызваны факторами, которые вносят постоянные однозначные отклонения при определении признака во всех испытаниях. Например, при определении плотности материала не учитываются поры пустоты; недостаточный объем ковша пробоотборника (в точечную пробу не попадает вся порция) и т. д.

Грубые ошибки (промахи) – это следствие недостаточного внимания экспериментатора или изменения принятых условий эксперимента.

При оценке представительности выборок следует различать два взаимодополняющих понятия:

– правильность опробования (измерения) – характеризуется отклонением результатов определения от надежно установленного (с помощью стандартных образцов или многократных определений) значения исследуемого показателя;

– точность опробования – характеризуется погрешностью результатов анализа отдельных проб, то есть их рассеянием относительно среднего значения.

Для характеристики случайных погрешностей средней величины существуют ряд оценок:

– средняя ошибка выборки (или средняя погрешность выборки) – это среднее квадратичное отклонение средних значений выборок одинакового объема, взятых из генеральной совокупности:

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1.12)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение изучаемого показателя,  $n$  – объем выборки (число измерений).

Предельная погрешность выборки кратная средней ошибке в зависимости от требуемой надежности (доверительной вероятности):

$$\Delta = t \cdot \sigma_{\bar{X}} = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1.13)$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента.

Исходя из этого уравнения, задаваясь предельной погрешностью, среднеквадратичным отклонением и доверительной вероятностью, можно определить необходимое количество измерений (объем выборки, число точечных проб):

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}. \quad (1.14)$$

Чем меньше объем материала, из которого отбирается выборка, и чем больше число вариантов (число измерений, проб) в выборке, тем более представительной является выборка.

На объем выборки влияют следующие факторы:

- неоднородность самого объекта исследования – чем больше  $\sigma$ , тем при прочих равных условиях объем выборки должен быть больше;

- величина предельной погрешности – чем точнее необходимо получить результат, тем выборки должна быть больше;

- заданная доверительная вероятность – чем с большей надежностью должен быть получен результат измерения, тем больше  $t$ . Для практических целей в технике обычно принимают величину  $P = 0,95$ , которой при нормальном распределении соответствует  $t = 2$ .

#### *Оценка погрешностей суммарных и косвенных измерений*

Часто требуется оценить суммарную погрешность, вызванную рядом измерений. При этом пользуются свойством аддитивности дисперсий, в соответствии с которым дисперсия суммы или разности независимых величин равна сумме дисперсий этих величин:

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2.$$

Важно обратить внимание, что при этом складываются не сами средние квадратические отклонения, а их квадраты. Из приведенного закона следует важный вывод: для повышения точности определений (измерений) нужно в первую очередь уменьшить наибольшую из погрешностей, так как, сколько бы мы не снижали

меньшие погрешности, это не будет иметь определяющего значения для снижения суммарной погрешности.

Следует отметить, что чем точнее проводится определение показателей, тем это труднее и дороже. Поэтому на практике не добиваются большей точности, чем это необходимо для решения поставленной задачи.

### *Исключение резко выделяющихся измерений*

При статистической обработке часто решается вопрос, следует ли исключать резко выделяющиеся результаты эксперимента. При небольшом количестве экспериментальных данных, если не исключить резко отличающиеся результаты, параметры распределения будут определены с большой погрешностью.

Если анализ показывает, что сомнительный результат был получен при нехарактерных условиях, его необходимо отбросить, не подвергая никаким статистическим обработкам. Когда этого нельзя сделать, такие результаты оценивают с помощью статистических критериев.

На практике чаще всего применяются следующие методы исключения грубых измерений.

1. При достаточно большом числе измерений  $n > 25$  (30) отбрасываются значения, которые отклоняются от среднего более чем на  $\pm 3\sigma$ , поскольку вероятность случайного появления таких результатов составляет при нормальном распределении 0,3 %.

2. При исключении грубых результатов из малого числа измерений ( $n \leq 25$ ) определяется абсолютное значение относительного отклонения наибольших и наименьших значений измерений от среднего в долях среднего квадратичного отклонения:

$$v = \left| \frac{\bar{X} - x_{\max(\min)}}{\sigma} \right| \quad (1.15)$$

По справочным таблицам определяется, какой вероятности  $\beta$  (от 0,01 до 0,1) соответствует полученное значение  $x$ . Если она меньше заранее заданной, то результат отбрасывается, как грубый. Аналогичной проверке подвергаются все грубые результаты.

В лабораторной практике для проверки результатов малого числа параллельных измерений применяют следующие правила.

1. При двух измерениях ( $n = 2$ ) вычисляется среднее значение  $\bar{X}$ , среднее квадратичное отклонение  $\sigma$  и разность между результатами измерений. Если  $|x_1 - x_2| \leq 4\sigma$ , то оба результата считают подходящими.

Если  $|x_1 - x_2| > 4\sigma$ , то выполняются еще два измерения, вычисляется новое среднеарифметическое значение и соответствующее среднее квадратичное отклонение  $\sigma$ .

2. При числе измерений  $n > 2$  рассчитывают абсолютную величину разностей среднего арифметического значения параллельных измерений  $\bar{X}$  и каждого из них  $x_i$ :

$$a_1 = |\bar{X}_n - x_1|, \quad a_2 = |\bar{X}_n - x_2|. \quad (1.16)$$

Если для каждого значения  $a_i$  соблюдается условие  $a_i \leq 3\sigma$ , то все значения считаются годными. Если для одного из значений это условие не выполняется, то результат отбрасывается как грубый.

### *Нормальное распределение вероятной случайной величины*

Следует иметь в виду, что ничего нельзя абсолютно точно изготовить или измерить, поскольку в том и другом случае действуют множество трудно контролируемых факторов. Из-за их взаимного влияния действительные значения показателей качества производимой продукции, отличаются от заданных, а измеренные – от истинных.

При измерении одной и той же величины отдельные значения встречаются с определенной частотой, которое при достаточном объеме измерений может служить оценкой вероятности появления этих значений. Вероятность может принимать значения от 0 до 1 или от 0 до 100 %.

Центральная теорема теории вероятности (Ляпунова): если случайная величина  $\bar{X}$  зависит от ряда величин  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , то независимо от того, каким законом распределения подчиняются эти составляющие, сама величина  $\bar{X}$  будет иметь распределение вероятности, близкое к нормальному (и с тем большим приближением, чем больше составляющих).

Наиболее часто применяемым на практике является нормальное распределение вероятности случайной величины. Закон нормального распределения описывает множество процессов и явлений

в природе и технике: распределение роста различных производственных показателей; ошибки измерений и анализов и т. д. В работах по исследованию характера распределения в углях некоторых компонентов и теплоты сгорания показано, что распределение по зольности, влажности и теплоте сгорания придерживается нормального закона и только для серы наблюдается отклонение.

При устойчивой сырьевой базе и технологии обогащения на обогатительной фабрике показатели качества концентрата подчиняются нормальному закону, хотя зависят от многих факторов. Также и погрешности опробования, которые являются функцией многих трудно контролируемых факторов, распределяются по этому закону.

Дифференциальная функция распределения вероятностей случайной величины, которая подчиняется нормальному закону, описывается уравнением:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{X})^2}{2 \cdot \sigma^2}}, \quad (1.17)$$

где  $\varphi(x)$  – плотность вероятности распределения случайной величины;  $x$  – случайная величина;  $\bar{X}$  – среднее значение случайной величины;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение случайной величины.

#### *Построение кривой плотности нормального распределения*

Графически функция изображается в виде колоколообразной кривой (рис. 1.2) с максимальной координатой:

$$\varphi_0(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}}. \quad (1.18)$$

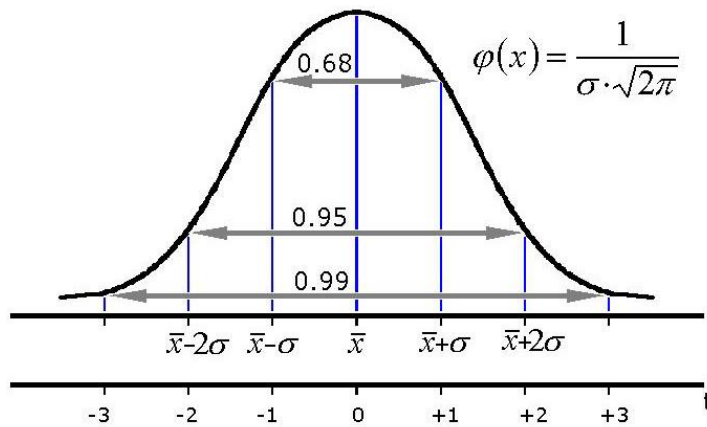


Рис. 1.2. Кривая плотности нормального распределения

Из свойств кривой плотности нормального распределения необходимо отметить:

- 1) симметричность кривой относительно среднего значения;
- 2) зависимость кривой от среднего арифметического значения и среднего квадратичного отклонения;
- 3) отклонения в большую и меньшую стороны равновозможны, или равновероятны; случайная величина (теоретически) может принимать любые значения от  $-\infty$  до  $+\infty$ ; отклонения, мало отличающиеся от  $\bar{X}$ , встречаются чаще, значительно отличающиеся – реже.

На кривой нормального распределения имеются характерные точки, кратные значениям среднего квадратичного отклонения:

– отклонения  $\bar{X} \pm 0,6745\sigma$  (от  $\bar{X} - 0,6745\sigma$  до  $\bar{X} + 0,6745\sigma$ ) встречаются с вероятностью  $P = 0,50$  (или 50 %);

– отклонения  $\bar{X} \pm \sigma$  (от  $\bar{X} - \sigma$  до  $\bar{X} + \sigma$ ) встречаются с вероятностью  $P = 0,6827$  (или 68,27 %);

– отклонения  $\bar{X} \pm 2\sigma$  (от  $\bar{X} - 2\sigma$  до  $\bar{X} + 2\sigma$ ) встречаются с вероятностью  $P = 0,9545$  (или 95,45 %);

– отклонения  $\bar{X} \pm 3\sigma$  (от  $\bar{X} - 3\sigma$  до  $\bar{X} + 3\sigma$ ) встречаются с вероятностью  $P = 0,9973$  (или 99,73 %).

На практике пользуются уравнением нормального распределения в нормированном виде, которое получается заменой значения  $\frac{x - \bar{X}}{\sigma}$  в уравнении (1.17) нормированным отклонением  $t$ . Функция нормированного нормального распределения в этом случае имеет следующий вид:

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}. \quad (1.19)$$

Форма и положение кривой зависят от параметров  $\bar{X}$  и  $\sigma$  (рис. 1.3).

С изменением  $\bar{X}$  форма кривой не меняется, она только смещается относительно центра распределения. При изменении  $\sigma$  меняется форма кривой: с уменьшением  $\sigma$  кривая вытягивается вверх, а ее ветви сближаются; с увеличением  $\sigma$  кривая становится ниже и шире (ветви приближаются к оси абсцисс).



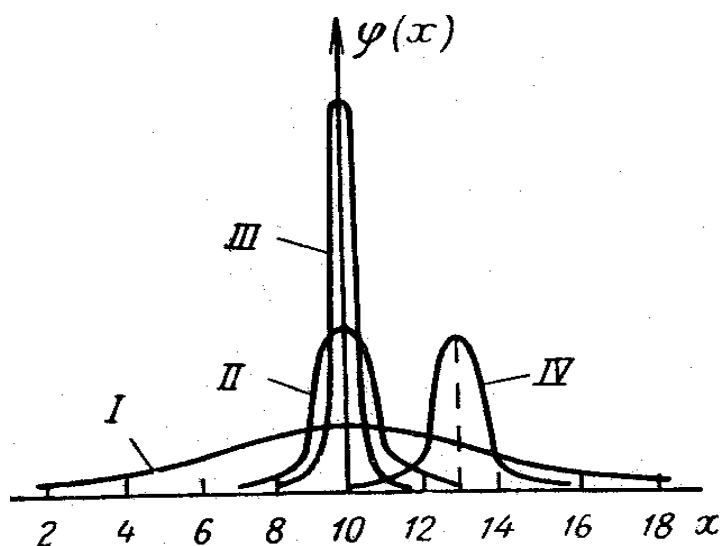


Рис. 1.3. Кривая плотности нормального распределения при различных значениях параметров  $\bar{X}$  и  $\sigma$ : I –  $\bar{X} = 10$  %,  $\sigma = 2,5$  %; II –  $\bar{X} = 10$  %,  $\sigma = 1$  %; III –  $\bar{X} = 10$  %,  $\sigma = 0,4$  %; IV –  $\bar{X} = 13$  %,  $\sigma = 1$  %

#### 1.4. Определение минимальной массы пробы и необходимого числа проб

При выполнении опробования всегда появляется вопрос о мере представительности проб (их точности) и правильности отбора и исследования.

На каждой стадии опробования возникают случайные ошибки. В теории опробования рассматриваются случайные ошибки воспроизводимости. При этом считается, что систематические ошибки, вызывающие однозначные отклонения, устранены.

В создании теоретических основ опробования внесли свой вклад многие отечественные и зарубежные исследователи (В. Бейли – впервые применил математическую статистику).

Определяющие параметры опробования – число и масса пробы, до которой может быть сокращена масса объединенной пробы на любой стадии подготовки из нее лабораторных проб, учитывая крупность и однородность материала при сохранении представительности.

Параметры опробования зависят от контролируемых характеристик: содержание полезных компонентов и вредных примесей, гранулометрического состава, влажности продуктов и др. Для расчета параметров опробования применяют формулы, учитывающие

крупность продукта, его минералогический состав, величину и характер распределения полезного компонента, допустимую погрешность опробования. При этом проба сокращается до тех пор, пока не достигнет минимально необходимой массы при данном измельчении.

*Определение минимальной массы пробы*

В разное время предложены эмпирические формулы для расчета минимальной массы пробы неоднородных материалов в зависимости от максимальной крупности кусков:

$$M = k \cdot d_{\max}^3 \quad (\text{А. Везен}); \quad (1.20)$$

$$M = k \cdot d_{\max}^2 \quad (\text{Р. Чечотт}); \quad (1.21)$$

$$M = k \cdot d_{\max}^{\alpha} \quad (\text{К. Демонд, А. Хальфердаль}), \quad (1.22)$$

где  $M$  – минимальная масса исходной или сокращенной пробы, кг;  $k$  – коэффициент, зависящий от размеров частиц полезного ископаемого и степени неоднородности его распределения (изменяется от 0,05 до 1,0);  $d_{\max}$  – максимальный диаметр частиц пробы, мм;  $\alpha$  – коэффициент, корректирующий зависимость массы пробы от размера частиц (от 1,5 до 2,7).

Коэффициент  $k$  в зависимости от однородности руды, которая характеризуется среднеквадратичным отклонением, принимают:

$$\sigma < 1,5 \quad k = 0,0125;$$

$$\sigma = 1,5 \div 2,0 \quad k = 0,025;$$

$$\sigma > 2 \quad k = 0,05.$$

При опробовании угля принимают  $k = 0,05 \div 0,1$ ,  $\alpha = 2$ .

Все представленные выше формулы минимальной массы пробы носят эмпирический характер и получены на основании экспериментов в определенных условиях, поэтому и вводится коэффициент  $k$ , который имеет разное значение для руд и угля.

Основной универсальной рабочей формулой минимальной массы пробы, которая учитывает основные характеристики материала, является

$$M = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{\text{к}}^2 \cdot \sigma_{\text{доп}}^2 \cdot \rho \cdot f \cdot d_{\text{ср}}^3, \quad (1.23)$$

где  $M$  – минимальная масса пробы, кг;  $\sigma_{\text{к}}^2$  – дисперсия кускового опробования для кусков среднего размера;  $\sigma_{\text{доп}}^2$  – дисперсия допу-

стимой погрешности при отборе проб;  $\rho$  – плотность испытуемого материала (средняя плотность),  $\text{кг/м}^3$ ;  $f$  – коэффициент формы;  $d_{\text{ср}}$  – средний размер куска, мм.

Дисперсия кускового опробования определяется экспериментально при отборе 100–200 кусков.

*Методика определения коэффициентов  $k$  и  $\alpha$  в формуле*

*Демонда и Хальфердаля  $M = k \cdot d^\alpha$*

В 1938 г. П. Л. Калистов предложил методику для экспериментального определения значений  $k$  и  $\alpha$  в общей формуле, предложенной Демондом и Хальфердалем:

$$M = k \cdot d^\alpha, \quad (1.24)$$

где  $M$  – минимальная масса пробы, кг;  $d$  – максимальный размер зерен, входящих в пробу, мм;  $k$  – коэффициент, зависящий от характеристики материала и допустимой степени погрешности;  $\alpha$  – показатель степени, отражающий влияние на массу пробы гранулометрической характеристики.

Методика заключается в следующем. Значения  $k$  и  $\alpha$  для каждого полезного ископаемого определяются опытным путем или назначаются в соответствии с существующими рекомендациями.

Принимаются следующие допущения: при данной крупности опробуемого продукта с увеличением массы пробы суммарная погрешность отбора, обработки и химического анализа будет уменьшаться до некоторого определения значения, которое зависит от тщательности разделки пробы и точности химического анализа.

Поскольку погрешность химического анализа практически постоянна, а погрешность от неточности операций сокращения при максимальной тщательности обработки проб можно свести к постоянному значению, тогда суммарная погрешность будет обусловлена только несоответствием массы пробы размеру зерен опробуемого полезного ископаемого.

Сущность методики П. Л. Калистова для определения значений  $k$  и  $\alpha$  заключается в следующем. Отбирают две пробы исходного материала массой  $Q$  каждая и дробят их до определенного размера: первую до крупности  $d_1$ , а вторую – до  $d_2$ . После тщательного перемешивания от каждой пробы по схеме, приведенной на рис. 1.4, с соблюдением правил опробования, выделяют три – во-

семь серий параллельных (одинаковых) проб с убывающей от серии к серии массы. Пробу обрабатывают до тех пор, пока ее масса в последней серии не уменьшится до 200–250 г.

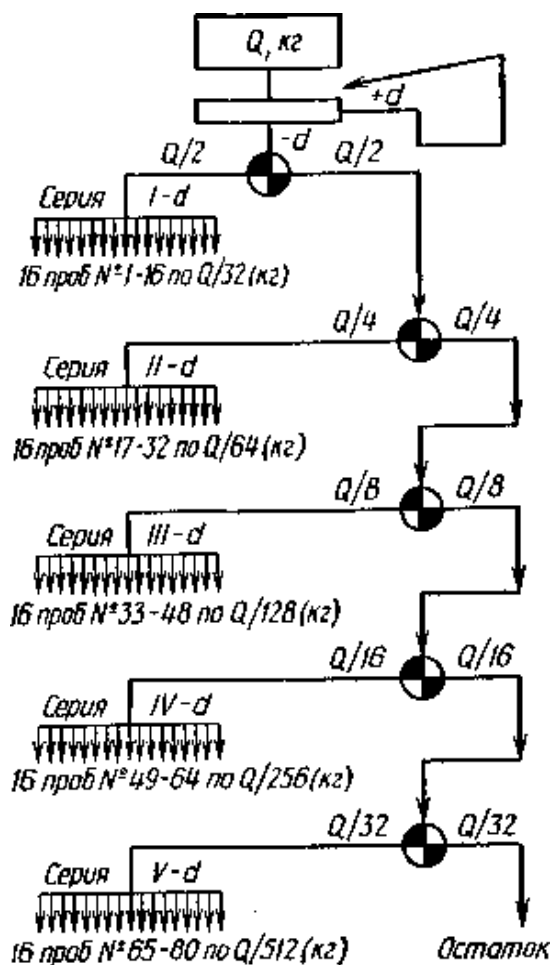
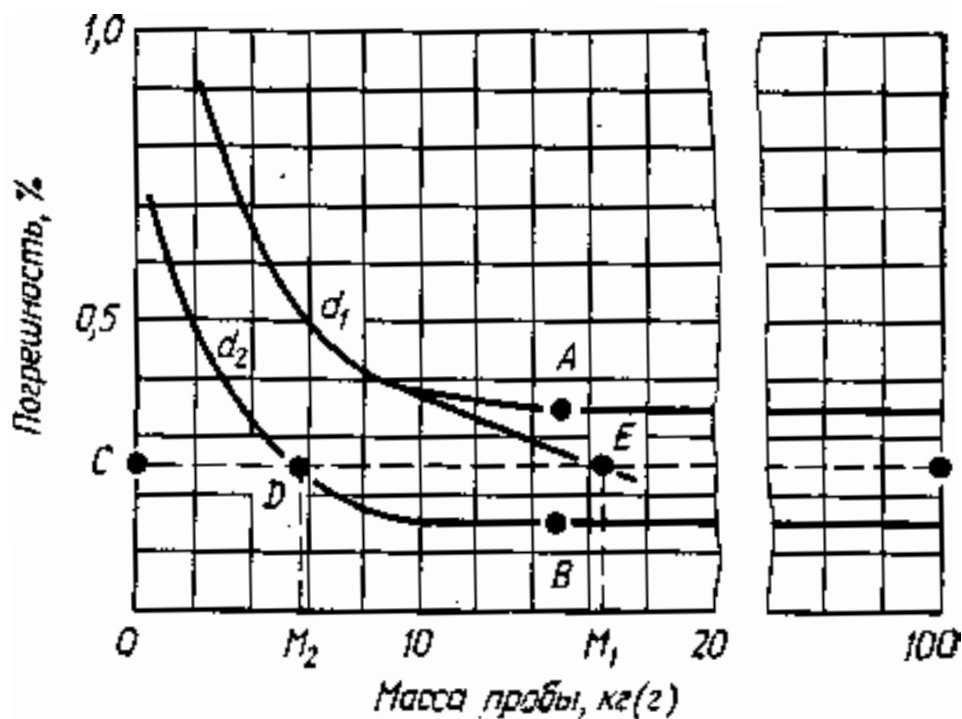


Рис. 1.4. Схема операций разделки проб для определения коэффициентов  $k$  и  $\alpha$

В выделенных пробах определяют содержание интересующего нас компонента (металл, зола, минерал и др.), рассчитывают среднее содержание этого компонента в каждой серии параллельных проб, а также среднее арифметическое отклонение (погрешность) среднего содержания в отдельных пробах серии от среднего содержания по серии.

По полученным данным строят график зависимости погрешности (среднее отклонение) от массы пробы (рис. 1.5), по которому при заданном значении погрешности определяют минимальные массы проб:  $M_1$  – для материала крупностью  $d_1$ ;  $M_2$  – для материала крупностью  $d_2$ .

Рис. 1.5. Диаграмма для построения  $k$  и  $\alpha$ 

Значения  $k$  и  $\alpha$  находят из уравнений

$$M_1 = kd_1^\alpha, \quad (1.25)$$

$$M_2 = kd_2^\alpha. \quad (1.26)$$

Подставив полученные значения минимальных масс  $M_1$  и  $M_2$  в формулы (1.25), (1.26), определяют значения  $k$  и  $\alpha$  из выражений (1.27), (1.28).

Решая систему уравнений

$$\lg M_1 = \lg k + \alpha \lg d_1,$$

$$\lg M_2 = \lg k + \alpha \lg d_2,$$

получаем

$$\lg M_1 - \lg M_2 = \alpha (\lg d_1 - \lg d_2);$$

$$\alpha = (\lg M_1 - \lg M_2) / (\lg d_1 - \lg d_2). \quad (1.27)$$

Подставив значение  $\alpha$  в уравнение (1.25), находим значение коэффициента  $k$ :

$$k = M / d_1^\alpha, \quad (1.28)$$

Значение коэффициента  $k$  изменяется в пределах 0,006–1, а показатель степени  $\alpha$  – в пределах 1,5 – 2,7.

### Определение необходимого числа проб

Очень важно знать не только массу пробы, но и то, во сколько приемов ее нужно отобрать, чтобы она была представительной. Исследования и накопленный опыт показали, что погрешность испытания в большей степени зависит от числа порций, набранных в пробу, чем от массы пробы.

Число точечных проб  $n$  в объединенной пробе рассчитывается по формуле

$$n = (t \cdot \sigma / m)^2, \quad (1.29)$$

где  $t$  – критерий Стьюдента;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение,  $m$  – максимально допустимая погрешность измерений.

Таким образом, на объем выборки  $n$  влияют следующие факторы:

- степень неоднородности самого объекта исследования – чем больше  $\sigma$ , тем при прочих равных условиях выборка должна быть большего объема;

- величина предельной погрешности или доверительного интервала – чем точнее необходимо получить результат, тем больше должен быть объем выборки. Следует иметь в виду, что, чем точнее производится определение показателей, тем при прочих равных условиях это труднее и дороже. Поэтому на практике не добиваются большей точности, чем это необходимо для решения поставленной задачи. Характерно, что объем выборки не зависит от объема опробуемой продукции. Это связано с тем, что  $\sigma$  характеризует опробуемый материал независимо от его количества;

- заданная доверительная вероятность  $P$  – чем с большей надежностью должен быть получен результат измерения, тем больше  $t$ . Для практических приложений в технике обычно принимают величину  $P = 0,95$ , которой при нормальном распределении соответствует  $t = 2$ .

Для угля на основании исследований установлено:

- для каждого угля существует критическое число порций, выше которого погрешность отбора проб падает очень медленно;

- с увеличением зольности угля при прочих равных условиях отмечается тенденция к увеличению погрешностей на всех стадиях опробования; с увеличением зольности (до 40 %) повышается погрешность определения ее в лаборатории;

– погрешность обработки проб увеличивается при большей крупности угля, поскольку мелкий уголь более усредненный.

Литература 1, 4, 5, 6, 7, 8, 13.

### **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.*

*7. Погрешности, возникающие при опробовании и способы их устранения.*

*8. Формулы для расчета численных статистических характеристик продуктов обогащения.*

*9. Методика определения коэффициентов в формуле Демонда и Хальфердаля.*

*10. Формула для расчета необходимого числа точечных проб.*

## 2. МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТБОРА

Различают следующие способы опробования:

- опробование в забоях;
- опробование неподвижно лежащих материалов (крупнокусковой материал, находящийся в отвалах, вагонах, баржах и т. д.; тонкоизмельченный материал в гидроотвалах, бункерах, вагонах и т. д.);
- опробование движущегося материала (крупнокусковой материал, тонкоизмельченный материал в виде пульпы).

### 2.1. Отбор проб в забоях

Опробование в забоях выполняют при исследовании полезных ископаемых на обогатимость, решении спорных вопросов между горным предприятием и обогатительной фабрикой, а также при работе в составе геологической партии.

Общие правила при опробовании забоев:

- забой должен иметь свежую поверхность, характерную для только что вскрытого рудного тела;
- пробы рекомендуется отбирать только со стенок, либо кровли выработки. Отбор пробы с почвы или дна выработки допустим в исключительных случаях, при этом необходимо обеспечивать чистоту пробы;
- на почву выработки необходимо уложить брезент, деревянный настил и т. д.;
- при отборе пробы необходимо соблюдать все правила безопасности ведения работы в забоях.

При отборе проб в забоях используются молотки, зубила, кирки, сверла, бурильные молотки, добычные и погрузочные машины.

Способы отбора проб в забоях представлены в табл. 2.1 в порядке повышения их точности и надежности, но при этом увеличивается трудоемкость опробования.



Таблица 2.1

## Способы отбора проб в забоях

Способ	Область применения	Отличительные признаки	Масса пробы, кг
Штуфовый	Ориентировочная характеристика состава рудного тела	Отбойка характерного по внешним признакам куска	До 2-х кусков или нескольких обломков
Точечный	Опробование равномерно вкрапленных руд	Отбор малых проб 30–100 г с помощью молотка и зубила в узлах правильной сетки	1–5
Шпуровой (скважинами)	Опробование вкрапленных руд либо при совмещении буровых работ и опробования	Отбор шпуровой муки при бурении шпуров или керна	В зависимости от диаметра шпура или скважины
Бороздовой	Опробование жильных слоистых руд	Борозды располагаются перпендикулярно к падению слоев, ширина борозды 2–20 см, глубина 1–10 см	До 50 кг с 1 метра борозды
Задирковый	Опробование неравномерно вкрапленных руд	Отбор слоя руды толщиной 5–10 см с поверхности забоя	50–250 кг с 1 м <sup>2</sup> забоя
Валовой	Опробование весьма неравномерно вкрапленных руд	Отбор в пробу всей добытой в забое руды	Десятки и сотни тонн

**2.2. Отбор проб от неподвижных масс***Способы отбора проб от неподвижных масс*

Опробование неподвижных масс составляет значительную часть работы на обогатительных фабриках. Это опробование складов, бункеров, вагонов, автомашин, барж, хвостохранилищ, сгустителей и т. п. Способы отбора проб от неподвижных масс приведены в таблице 2.2.

Основным способом является вычерпывание, которое заключается в том, что на поверхности неподвижно лежащего материала намечают ряд точек, из которых отбирают небольшие порции, поступающие в начальную пробу. Принципиально отличаются только

выборочный способ, обеспечивающий наиболее полное опробование материала.

Таблица 2.2

## Способы отбора проб от неподвижных масс

Способ	Область применения	Отличительные признаки
Горстевой	Опробование однородных в объеме масс	Отбор малых проб с помощью молотка и совка в узлах правильной сетки 0,2 на 0,2 м
Вычерпывание	Все емкости, массы, допускающие выкапывание лунок или внедрение инструмента сравнительно не большой толщины	Выкапывается лунка 0,2–0,5 м отбор проб проводится совком со стенок лунки
С помощью щупа и шнека	Применяется для мелких, сыпучих материалов, если используется щуп с боковой щелью или шнек. Для несипучих, влажных материалов, если используется щуп без дна или шнек с кожухом	Щуп или шнек внедряется в опробуемую массу
С помощью желонки	Для весьма сыпучих и жидких материалов	Проба отбирается в желонку при погружении ее в заданную точку опробуемого материала
С помощью шурфов	Для опробования отвалов большой высоты	Проба отбирается со стен выработки шурфа
С помощью скважины	Для весьма неоднородных отвалов большой высоты	В пробу отбирается продукт бурения
С помощью канав	Для неоднородных отвалов небольшой высоты и большой площади	Проба отбирается со стен канавы
Выборочный (фракционный)	Опробования масс, подвергающихся погрузке или перегрузке	В пробу отбирается каждая <i>n</i> -я порция (лопата, ковш экскаватора и т.д.)

*Устройство и техника отбора проб  
от неподвижной массы*

Наиболее эффективным способом является высверливание или выбуривание лунки с отбором в пробы выбираемого материала.

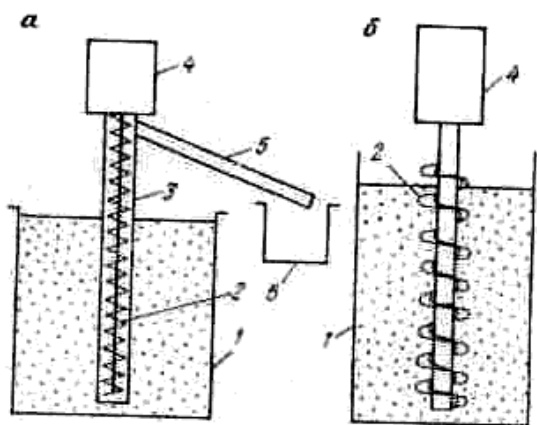


Рис. 2.1. Шнековые пробоотбиратели:  
 а – с кожухом, б – без кожуха;  
 1 – емкость; 2 – шнек; 3 – кожух;  
 4 – привод шнека; 5 – желоб;  
 6 – приемный сосуд для пробы

Для рыхлых материалов пробу можно отбирать с помощью шнеков, которые могут быть с кожухом и без (рис. 2.1). Для сыпучих рыхлых материалов применяется шнек с кожухом, внедряемым вместе с шнеком в опробуемую массу. Отобранный материал шнеком транспортируется вверх и высыпается в приемную емкость. Для мелких влажных материалов используется шнек без кожуха. Влажный материал остается в пазах, шнек извлекается,

переносится в приемную емкость, включается, и материал из пазов разгружается.

Пассивный вариант полного отбора материала в пробу проводится с помощью щупов (рис. 2.2). Щуп без дна применяется для отбора проб влажных мелкозернистых материалов и представляет собой тонкостенную трубу слегка конической формы.

Щуп вдавливают в материал, который заполняет его и образует столбик, неразрушающийся при подъеме щупа. Для сыпучих материалов применяют щуп с боковой вертикальной щелью, не перекрываемой или перекрываемой внешним кожухом (рис. 2.2).

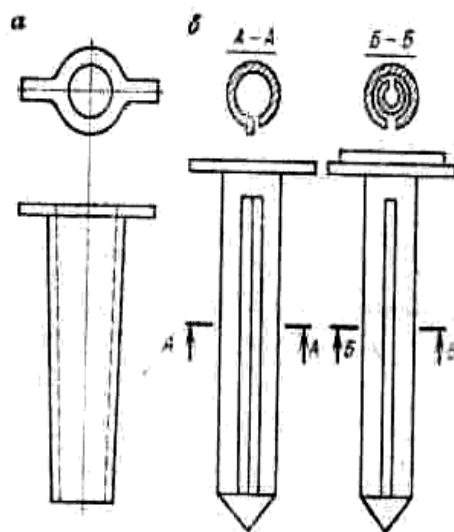


Рис. 2.2. Щупы: а – без дна;  
 б – с дном без кожуха  
 и с кожухом

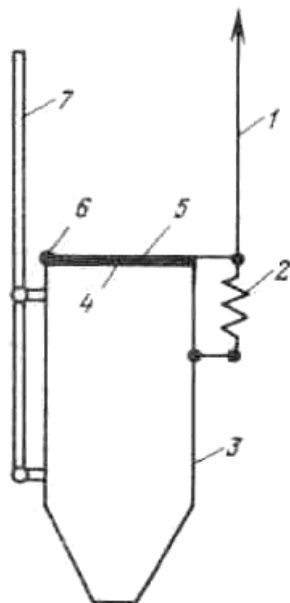


Рис. 2.3. Желонка: 1 – тяга;  
2 – пружина; 3 – емкость;  
4 – уплотнение; 5 – крышка;  
6 – шарнир; 7 – ручка

Для весьма сыпучих и жидких материалов применяется отбор проб с помощью желонки (рис. 2.3). Желонку внедряют в материал на заданную глубину, с помощью тяги открывают крышку, материал заполняет емкость, крышку закрывают и с помощью ручки достают желонку.

Шурфы, канавы, скважины большого диаметра, являются по существу горными выработками, и опробование в них осуществляется в соответствии с правилами опробования забоев.

Отбор проб большой массы осуществляют с помощью машин, например грейфером опробуют ж/д вагоны. Ширина раскрытия челюстей грейфера должна быть не менее

половины ширины вагона. Ширина челюстей должна быть больше или равна  $2,5d_{\max}$ . Глубина погружения челюстей в раскрытом состоянии в материал должна быть не менее 0,4 м.

Выборочный способ отбора проб очень трудоемкий, поэтому он применяется в сочетании с процессами погрузки или перегрузки материала. При этом число рабочих циклов погрузчика, через которые отбирается проба, можно рассчитать по формуле

$$r = M / (m \cdot N), \quad (2.1)$$

где  $M$  – масса опробуемого материала;  $N$  – число точечных проб,  $m$  – масса материала, перемещаемая погрузчиком за один цикл.

### 2.3. Отбор проб от перемещаемых масс

#### *Способы отбора проб от перемещаемых масс*

Эти способы наиболее широко распространены на обогатительных фабриках, так как, в соответствии с принятой технологией все продукты переработки перемещаются и проходят через точки, в которых удобно отобрать от них пробу. Такая масса материала до-

ступна для опробования целиком, поэтому отбор проб от перемещаемых масс предпочтительнее, чем от неподвижных.

Способы отбора проб от потока приведены в таблице 2.3 и на рис. 2.4.

Таблица 2.3

Способы отбора проб от потока

Способ	Область использования	Отличительные признаки
Поперечных сечений	Для любых потоков малой и средней мощности	В пробу отбирается специально вырезаемая поперечная полоса потока
Продольных сечений	Область использования этого способа для перемещенных потоков	В пробу отбирается специально вырезаемая продольная полоса потока
Извлечение элементов потока	Область использования для любых потоков	В пробу отбирается часть потока, отсеченная в продольном и поперечном направлениях

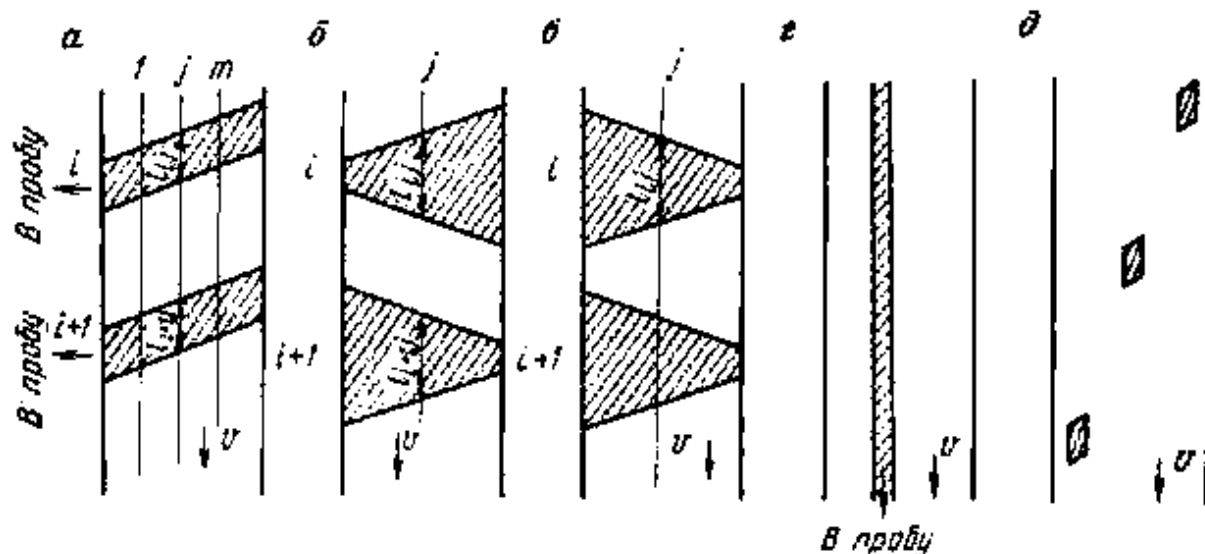


Рис. 2.4. Способы отбора проб: а–б – правильные поперечные; в – неправильный поперечный; г – продольный; д – извлечение элементов потока ( $v$  – скорость потока)

Способ поперечных сечений наиболее распространен и заключается в том, что с помощью устройства, основным элементом которого является отбирающая пробу щель, вырезается поперечная полоса из потока, которая составляет точечную пробу.

Основное требование к полосе – суммарная ширина поперечных полос должна быть постоянной для любой линии вдоль потока за период отбора пробы

$$L_j = \sum l_{ij} = \text{const} , \quad (2.2)$$

где  $L_j$  – суммарная длина  $N$  отрезков для  $j$ -й линии за период отбора пробы;  $i$  – номер полосы;  $j$  – номер любой линии вдоль потока;  $l_{ij}$  – длина  $j$ -й линии в  $i$ -й полосе.

Достоинства способа поперечных сечений: возможность отбора точечной пробы, относительно небольшой массы и полный учет поперечной сегрегации материала в потоке.

Недостаток – сложность конструкции отбирающих пробу устройств и необходимость перепада потока.

Способ продольных сечений отбора проб находит применение при организации сильного перемешивания потока перед его разделением или при таком расположении отборных щелей, при котором учитывается возможная сегрегация потока.

Основное требование – среднее значение отделяемого показателя в части потока, вырезаемой щелью пробоотборника, должно быть равно среднему значению этого показателя во всем сечении потока.

Достоинства: простота конструкции пробоотбирателей и обеспечение максимально возможного соответствия неоднородности пробы и опробуемого материала вдоль потока, то есть число точек отбора проб стремиться к бесконечности.

Недостаток – отбор довольно большой по массе пробы, составляющей от нескольких процентов до половины массы потока.

Извлечение элементов потока – способ отбора проб, при котором точечную пробу составляет элемент, продольные и поперечные размеры которого соизмеримы. Этот способ позволяет использовать достоинства двух выше рассмотренных способов.

Недостаток – сложность конструкции отбирающих пробу устройств.

### *Оборудование для отбора проб*

Приняты следующие требования к пробоотбирателям:

– ширина пробоприемной щели  $b$  должна быть равна или больше  $3d_{\max}$ , если  $d_{\max} < 3$  мм, то  $b = 8-10$  мм;

– кромки щели должны быть параллельны друг к другу, а длина щели должна обеспечивать отбор пробы по всей ширине потока;

– скорость пересечения потока должна быть постоянной в течение всего промежутка времени отбора пробы, и такой, чтобы исключалось выбрасывание кусков материала за пределы пробоотбирателя. Для отечественных пробоотбирателей скорость пересечения составляет 0,3–0,6 м/с;

– вместимость пробоотбирающего устройства должна быть такой, чтобы проба целиком помещалась в него.

Наиболее широкое применение на углеобогатительных фабриках получили пробоотборники для отбора проб на перепадах потоков – ковшовый ПК; для отбора проб с конвейерных лент – скреперные ПС и маятниковые ПМ; для отбора из потоков пульп – секторные и щелевые ПЩ.

*Ковшовый пробоотборник типа ПК* (рис. 2.5) предназначен для отбора проб с потока на перепадах потоков топлива максимальной крупностью до 300 с конвейеров на конвейер, в бункер, железнодорожный вагон и другие транспортные средства с производительностью конвейера до 1350 т/ч. Используются тогда, когда их применение не требует увеличения высоты перепада потока либо когда дополнительное измельчение вследствие увеличения высоты перепада не отражается на технико-экономических результатах переработки и использования топлива. Установка пробоотборника под углом к горизонту создает благоприятные условия для подачи пробы в проборазделочную машину и облегчает их установку в условиях стесненной компоновки.

На углеобогатительных фабриках ковшовые пробоотборники используются при опробовании рядовых углей, концентрата и промпродукта, отгружаемых потребителям, и иногда для отбора проб породы, направляемой в отвал.

В остальных случаях должны применяться скреперные или маятниковые пробоотборники, отбирающие пробы непосредственно с движущихся конвейерных лент.

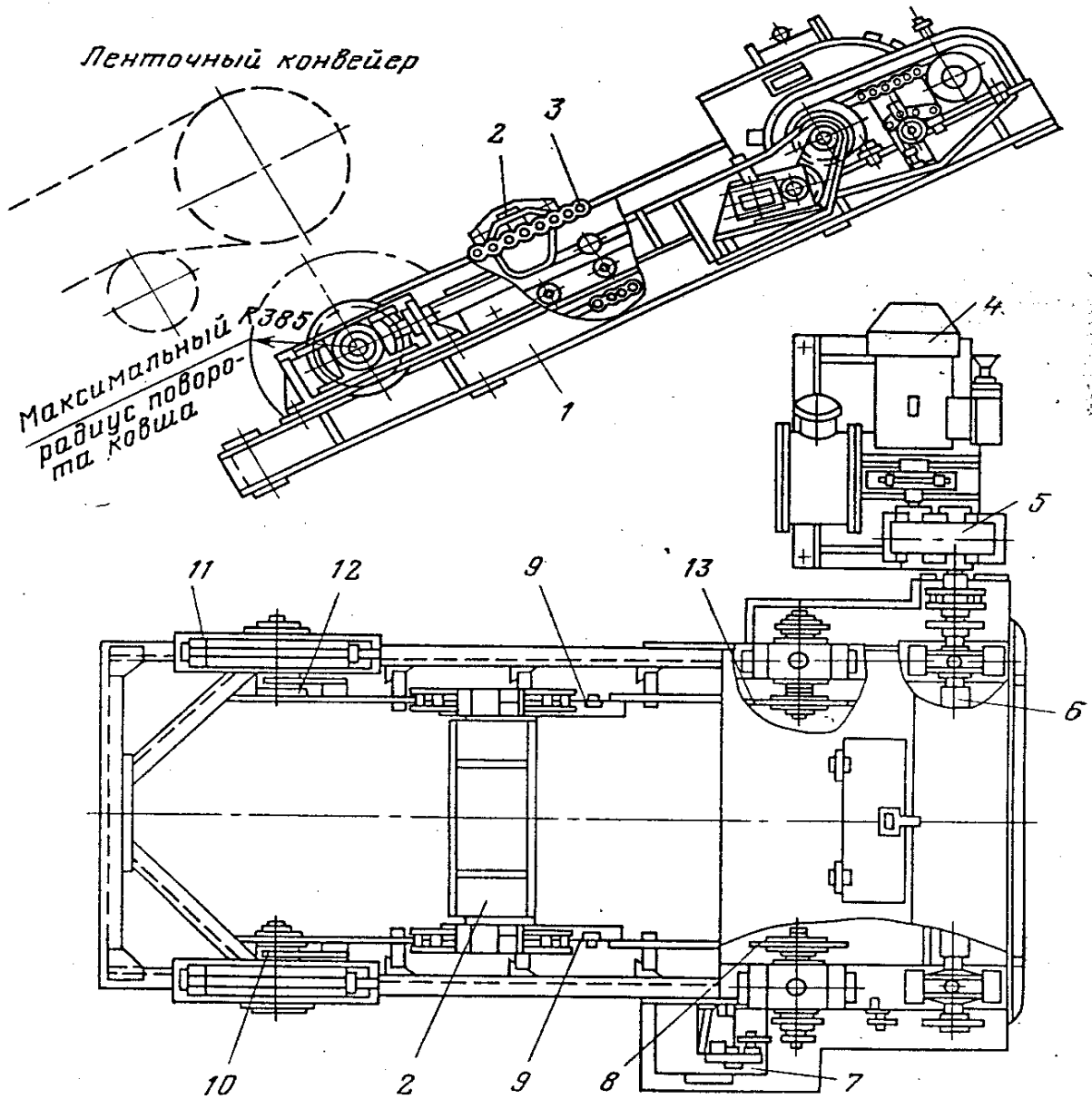


Рис. 2.5. Пробоотборник ковшовый (наклонный)

Ковшовый пробоотборник представляет собой цепной ковшовый конвейер. На две пары колес-звездочек (тяговые звездочки 8 и 13; ведомые звездочки 10 и 12) надеты замкнутые цепи 3, к которым прикреплены один или два ковша – отсекателя 2.

Вся установка, включая привод 5, 6 и натяжное устройство 11, смонтирована на одной раме 1. Этот пробоотборник обычно устанавливают у приводного барабана ленточного конвейера, который транспортирует материал так, чтобы обеспечить сечение потока в пункте перегрузки материала. Отбор порции происходит в момент пересечения потока материала ковшом, который движется по верхней ветке пробоотборника. При движении ковша по звездочкам



проба выгружается в приемник. Для обеспечения необходимых интервалов между отборами точечных проб пробоотборник оборудован реле времени. При его срабатывании запускается электродвигатель 4 и через систему передач приводит во вращение звездочки, которые перемещают бесконечные цепи с ковшом. Они совершают один оборот и ковш отбирает пробу. Отключение электродвигателя и остановка пробоотборника осуществляется с помощью конечного выключателя 7. Ковшовые пробоотборники изготавливают с левым и правым расположением двигателя, в горизонтальном и наклонном исполнении.

Схема отбора проб ковшовым пробоотборником приведена на рис. 2.6.

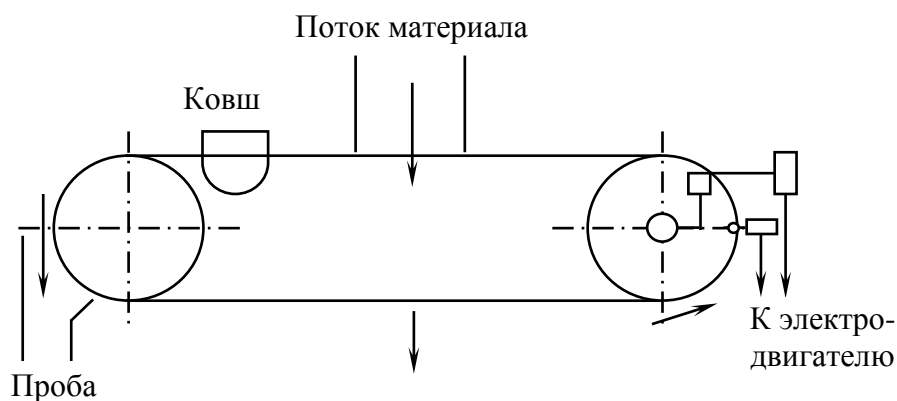


Рис. 2.6. Схема отбора проб ковшовым пробоотборником

Масса пробы, которая отбирается пробоотборником, рассчитывается по формуле:

$$m = \frac{Q \cdot b}{3,6 \cdot v}, \text{ кг}, \quad (2.3)$$

где  $Q$  – производительность потока опробуемого материала, т/ч;  $b$  – ширина ковша, м;  $v$  – скорость движения ковша, м/с.

Пробоотборник имеет простую конструкцию, малую высоту, удобный в эксплуатации, дает достаточно высокую точность опробования. Технические характеристики приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

## Технические характеристики ковшовых пробоотборников

Параметры	Пробоотборники					
	ПК 1-8	ПК 1-10	ПК 1-12,5	ПК 2-8	ПК 2-10	ПК 2-12,5
Производительность опробуемого потока, т/ч:						
горизонтальных	525	1030	1350	525	1030	1350
наклонных	400	730	1000	400	730	1000
Опробуемый уголь:						
максимальная крупность, мм	150	160	160	300	300	300
максимальная влажность, %	18	18	18	18	18	18
Мощность электродвигателя, кВт	10,4	10,4	10,4	12,0	12,0	12,0
Угол установки, град	0, 15, 30, 45					
Габариты, мм:						
длина	3400	4000	5250	3720	4950	6350
ширина	3300	3500	3750	3300	3500	3750
высота	650	650	650	1200	1200	1200
Масса, т	2,9	2,95	3	3,6	3,65	3,7

*Скреперный пробоотборник типа ПС* предназначен для отбора проб материала крупностью до 300 мм и влажностью до 14 % с движущихся ленточных конвейеров. В месте установки пробоотборника лента выполаживается с помощью плоских роликовых опор.

Скреперный пробоотборник ПС (рис. 2.7) состоит из рамы 1, двух бесконечных цепей 4, приводной 2 и натяжной 5 звездочек, отсекаателя 3, редуктора 6, электродвигателя 7 и разгрузочного желоба 8. Пробоотборник устанавливается над ведущей ветвью ленточного конвейера, может устанавливаться на горизонтальных и наклонных конвейерах.

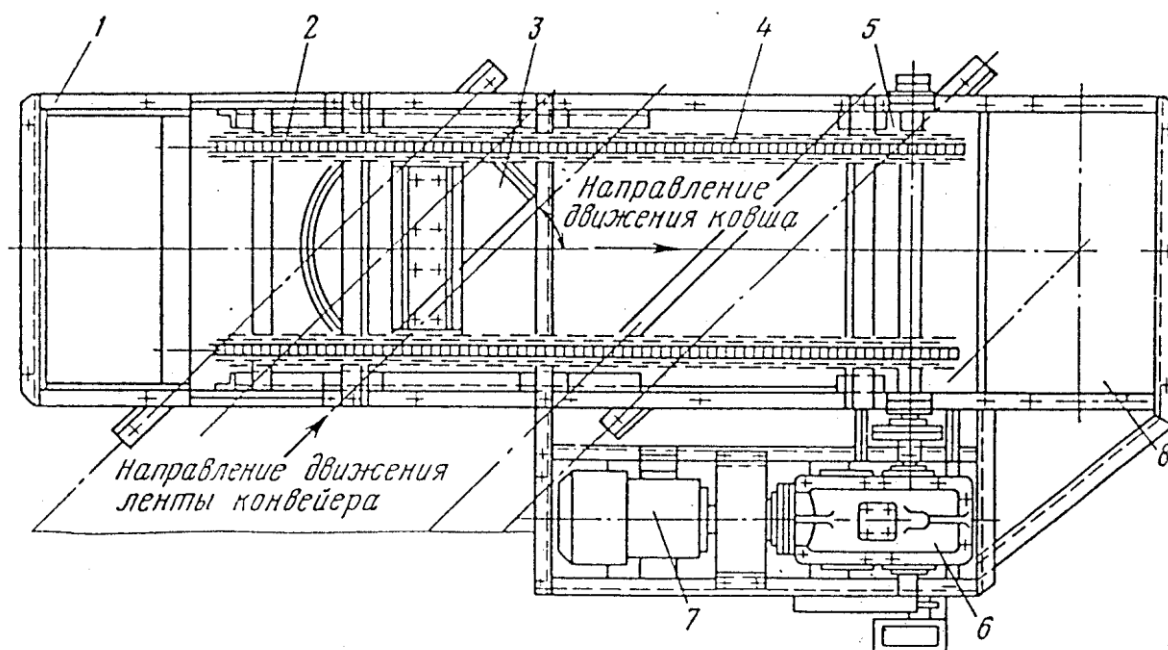


Рис. 2.7. Пробоотборник скреперный

Отсекатель – открытый спереди и снизу скрепер с цилиндрической задней стенкой, нижняя кромка которого футеруется прорезиненной тканью для полного снятия материала и предотвращения повреждения ленты конвейера. Скрепер прикреплен к цепям под углом к продольной оси пробоотборника. Пробоотборник закрывается кожухом. При движении по кругу скрепер опускается на ленту, скользит по ней кромкой и сгребает с ленты слой материала в бункер для пробы по желобу 8. Обратный ход осуществляется при поднятом скрепере. Электродвигатель пробоотборника 7 отключается при сходе скрепера с ленты концевым выключателем. Пробоотборник электрически блокируется с приводом конвейера и может работать как в автоматическом режиме, так и на местном управлении. Для обеспечения необходимых интервалов между отборами точечных проб пробоотборник оборудован реле времени. Технические характеристики приведены в табл. 2.5.

Достоинством этого вида пробоотборников является то, что они могут быть установлены в любом месте по длине конвейера.

Существенным недостатком пробоотборника ПС является то, что необходимо выравнивать участок ленты конвейера в месте установки скрепера, при этом производительность конвейера снижается на 15–25 %.

Схема отбора проб скреперным пробоотборником приведена на рис. 2.8.

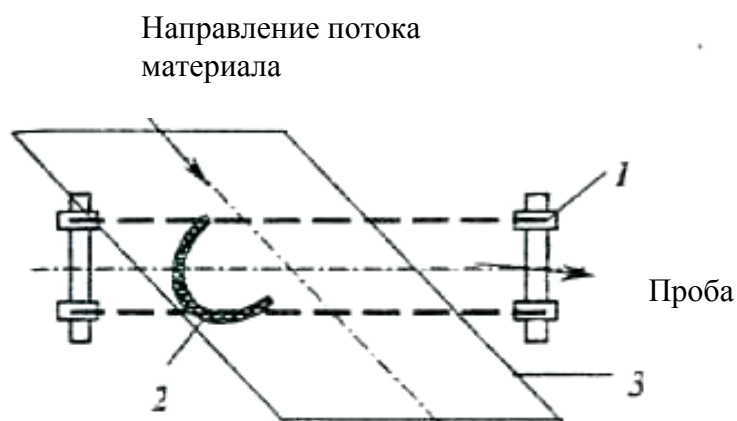


Рис. 2.8. Схема отбора проб скреперным пробоотборником: 1 – звездочки; 2 – скрепер; 3 – лента конвейера

Таблица 2.5

Технические характеристики скреперных пробоотборников

Параметры	Пробоотборники					
	ПС2-8	ПС2-10	ПС2-12	ПС2-14	ПС1-16	ПС2-16
Производительность опробуемого потока, т/ч	420	660	950	1290	1350	1350
Ширина ленты конвейера, мм	800	1000	1200	1400	1600	1600
Опробуемый уголь:						
максимальная крупность, мм	300	300	300	300	150	300
максимальная влажность, %	18	18	18	18	18	18
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Габариты, мм:						
длина	3755	3955	4380	4655	4400	5100
ширина	1920	1920	1920	1920	1500	2000
высота	2240	2240	2340	2340	2100	2400
Масса, т	1,316	1,356	1,393	1,418	1,5	1,6

*Маятниковый пробоотборник типа ПМ* (рис. 2.9) предназначены для отбора проб углей каменных и бурых, антрацитов, горючих сланцев, продуктов их обогащения, и других сыпучих материалов со свойствами, аналогичными углям, сланцам и продуктам их обогащения с лент желобчатой формы с целью контроля качества транспортируемого ленточными конвейерами материала. Рабочая влага опробуемых материалов не должна превышать: бурых углей – 60 %, каменных углей и антрацитов – 18 %, горючих сланцев – 17 %, крупность до 300 мм непосредственно с конвейерных лент шириной от 1000 до 2500 мм. Основное преимущество по сравнению со скреперными – возможность применения без выравнивания

(выполаживания) ленты. Пробоотборник устанавливают на раме конвейера, как на горизонтальных, так и наклонных ее участках.

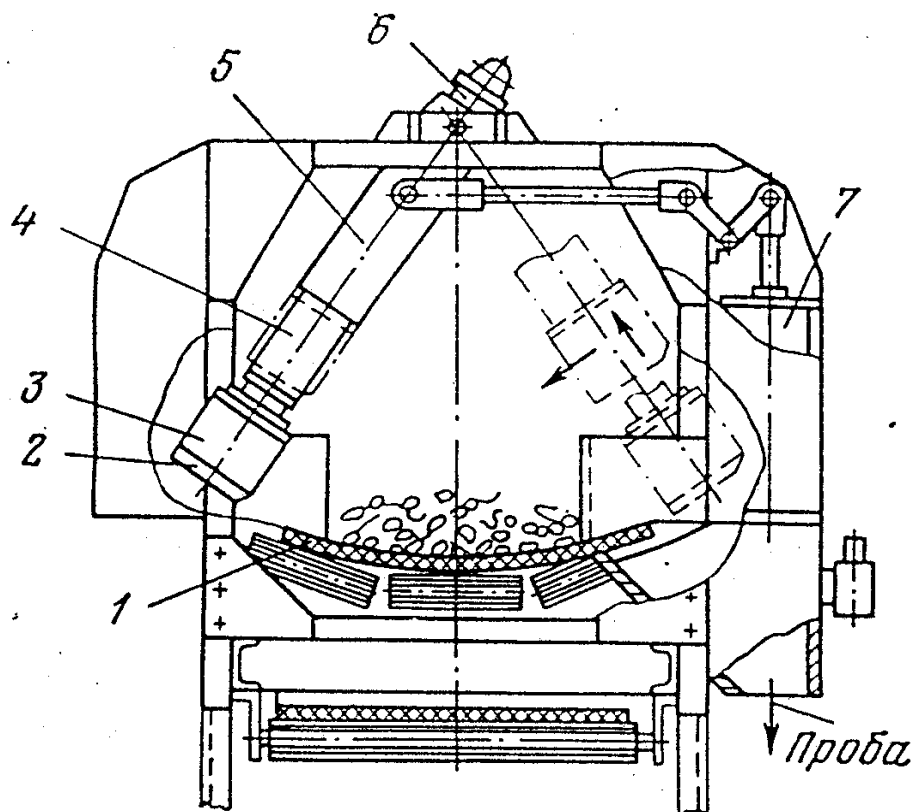


Рис. 2.9. Пробоотборник маятниковый

Отбирающим устройством служит скреперный ковш 3, футерованный снизу прорезиненной лентой 2 для полного снятия угля при отборе точечных проб с конвейера 1. Ковш крепится к штоку 5 привода толкателя 7. Шток расположен в телескопической качающейся штанге 6. Во время отбора точечных проб ковш движется поперек ленты и сыплет уголь в сборник. Затем специальный привод 7 поднимает ковш в верхнее положение, а привод рабочего хода возвращает ковш в исходное нижнее положение. Интервал времени срабатывания пробоотборника составляет от 30 с до 30 мин.

Пробоотборник устанавливается под углом к оси конвейера для исключения просыпей материала, транспортируемого по конвейеру, в момент отбора пробы. Установка отборника не снижает производительности конвейеров, а небольшие габариты позволяют устанавливать его в стесненных условиях. Пробоотборник работает в автоматическом режиме.

Технические характеристики приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

## Технические характеристики маятниковых пробоотборников

Наименование параметра и размера	ПММ-12	ПММ-16	ПММ-20	ПММ-25
Производительность опробуемого потока, т/ч	1100	2000	4000	6400
Крупность опробуемого материала, мм	0–300	0–300	0–300	0–300
Ширина раскрытия отбирающего устройства, мм	100, 200, 300, 400, 600.			
Ширина ленты опробуемого потока, мм	1000– 1300	1300– 1600	1800– 2000	2250– 2500
Скорость отбирающего устройства, м/с, не менее	1–2	1,5–3	3,0±0,1	3,0±0,1
Номинальная мощность двигателя, кВт	3	7,5	11	18,5
Интервал между отборами проб (циклами), с	18–1200	18–1200	18–1200	18–1200
Габаритные размеры, мм, не более				
длина	1900	2500	3100	3600
ширина	1400	1500	1700	2400
высота над рамой	1900	2200	2800	3600
Масса с электрошкафом, кг	1035	1465	1900	2950
Удельный расход электроэнергии, Дж/цикл, не более	2,5 x 10 <sup>4</sup>	4,95 x 10 <sup>4</sup>	8,8 x 10 <sup>4</sup>	12 x 10 <sup>4</sup>

Схема отбора проб маятниковым пробоотборником приведена на рис. 2.10.

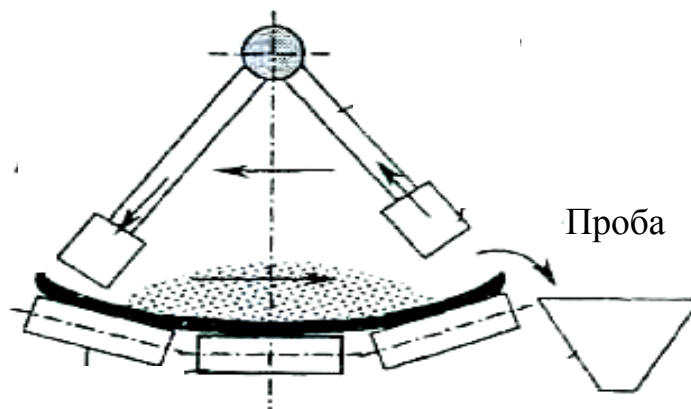


Рис. 2.10. Схема отбора проб маятниковым пробоотборником

*Щелевой пробоотборник типа ПЩ* (рис. 2.11) предназначен для отбора проб из потока пульпы с частицами до 6 мм на вертикальных участках трубопроводов.

Щелевой пробоотборник ПЩ состоит из вертикального корпуса 2 с фланцами для присоединения к пульпопроводу 1 и отсекателя 3, который вращается в горизонтальной плоскости на пустом вала 4. Поток пульпы периодически пересекается секторным отсекателем, при этом порция пульпы проходит через щель в сектор и дальше по

пустому валу поступает в сборник 5. Ширина щели загрузочного устройства регулируется от 3 до 15мм установкой ножей.

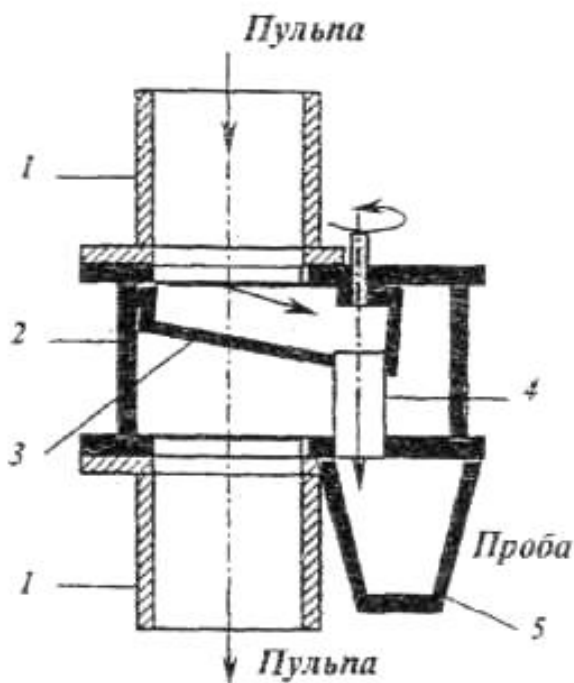


Рис. 2.11. Схема щелевого пробоотборника

Пробоотборник включается автоматически, выключается в момент его выхода из зоны трубопровода. Через заданный интервал времени пробоотборник включается в работу, но отсекается в противоположную сторону. Реверсивное переключение электродвигателя проводится конечным выключателем, установленным на корпусе пробоотборника. Технические характеристики приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

#### Технические характеристики щелевых пробоотборников

Наименование параметра и размера	ПЩ-15	ПЩ-25	ПЩ-35	ПЩ-40
Номинальный внутренний диаметр патрубка, мм	150	250	350	400
Крупность твердых частиц в опробуемом потоке, мм, не более	6	6	6	6
Ширина раскрытия отбирающего устройства, мм, не более	460	480	480	480
Электродвигатель мощность, кВт	0,75	0,75	0,75	0,75
Габаритные размеры, мм				
ширина	585	637	736	830
длина	620	725	852	975
высота	824	824	824	824
Масса комплекта поставки, кг	225	259	285	325
Объем отбираемой пробы, л, не более	20	20	20	20

*Пробоотборник шнековый типа ПШ* (рис. 2.12) – предназначен для отбора проб угля из железнодорожных вагонов, деления, дробления и сокращения пробы, которая пригодна для исследования.

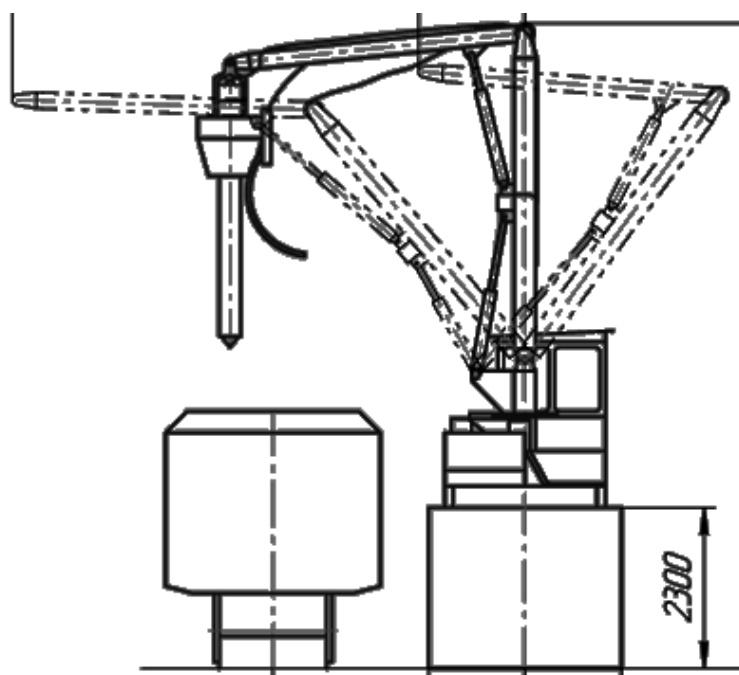


Рис. 2.12. Пробоотборник шнековый

Пробоотборник ПШ устанавливается стационарно, а манипулятор обеспечивает отбор проб в любом месте без движения вагона.

*Ручные пробоотбиратели* (рис. 2.13) применяют для опробования только мелких движущихся материалов, чаще всего пульпы.

Основной элемент пробоотбирателя – щель, длина которой должна быть больше толщины опробуемого потока. При отборе пробы необходимо перемещать пробоотбиратель с постоянной скоростью перпендикулярно к потоку.

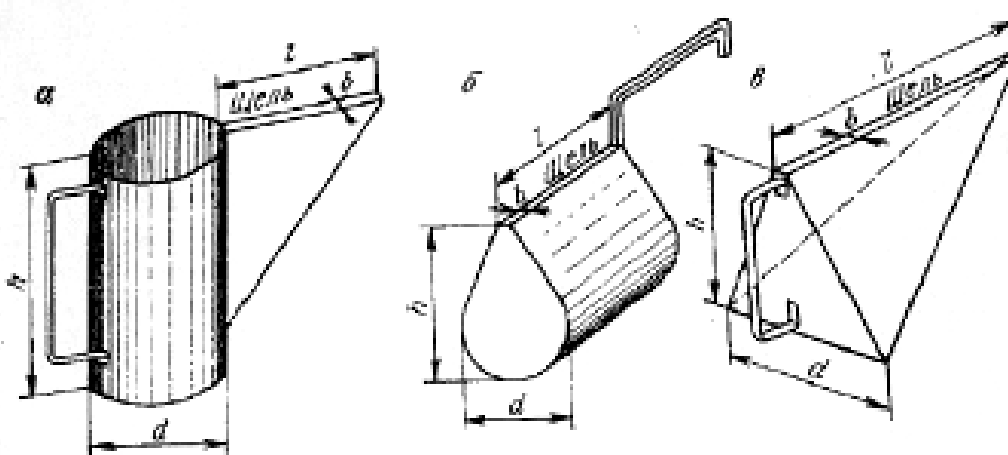


Рис. 2.13. Пробоотбиратели для пульпы



Литература 1, 4, 5, 8, 10, 17, 18, 19.

### **Вопросы для самопроверки**

1. *Отличительные признаки способов отбора проб в забоях.*
2. *Устройство и техника отбора проб от неподвижной массы.*
3. *Какие щупы и шнеки используют для отбора проб?*
4. *В чем заключается поперечный способ отбора проб и его достоинства?*
5. *Основное требование к способу отбора проб с помощью поперечных сечений.*
6. *Достоинства и недостатки способа отбора проб с помощью продольных сечений.*
7. *Формула для расчета массы пробы, которая отбирается ковшовым пробоотборником.*
8. *Схема и принцип действия щелевого пробоотборника.*
9. *Требования к отбору проб ручным пробоотборником.*
10. *Отбор проб методом извлечения элементов потока.*

### 3. ПОДГОТОВКА ПРОБ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОБ

#### 3.1. Типовые операции обработки проб

Отобранная проба при обработке подвергается различным механическим преобразованиям. Обычно это дробление, перемешивание, сокращение, деление. Хотя все эти операции изменяют состояние пробы, они, за исключением операции сокращения (деления) не меняют главного свойства начальной (первичной) пробы – определенной характеристики массы испытуемого, например, зольности, содержания влаги с некоторой погрешностью. Это конкретное значение погрешности при отборе пробы не меняется. Оно может меняться при некачественном выполнении этих операций за счет потерь массы или засорения ее посторонними добавками.

Типовые операции при подготовке пробы представлены на рис. 3.1.

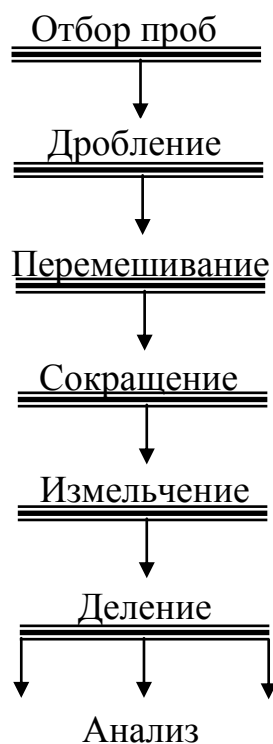


Рис. 3.1. Типовая схема подготовки проб

Подготовка проб – это доведение начальной пробы до пробы химического анализа, с сохранением основных ее свойств. Подготовка состоит из 3 основных операций: 1 – дробление и поверочное

грохочение или измельчение; 2 – перемешивание; 3 – сокращение пробы. Помимо основных, часто используют дополнительные операции: подсушка материала, фильтрование и рыхление пробы. При подготовке проб используют дробилки, мельницы, истиратели; грохоты и ручные сита; устройство и приспособление для перемешивания материала; механические и ручные сократители проб; технические и лабораторные весы; фильтровальные установки и сушильные шкафы. Для всех операций используются совки, лопатки, щетки. Подготовка проб проводится по заранее составленной схеме, выбор которой зависит от начального, промежуточного и конечного весов проб, физических характеристик материала, цели и способа последующего анализа. Пробы перед подготовкой должны быть воздушно сухими, то есть влажность пробы должна быть в пределах 3–5 %.

### *Перемешивание*

Перемешивание является традиционной, но не обязательной операцией подготовки проб. Перемешивание проб необходимо перед ее сокращением на одну или несколько частей однократным отделением этой части от всей пробы (или делением этой части на небольшое число порций от 2 до 20–30). При делении пробы на большое число микропорций перемешивание не обязательно.

Способы перемешивания проб приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Способы перемешивания проб

Способ применения	Область использования	Отличительные признаки
Перелопачивание	Пробы большой массы (> 100 кг)	Проба перебрасывается из кучи в кучу, причем отдельные порции берутся из произвольных точек
Кольца и конуса	Пробы средней массы (100–2000 кг) крупность до 60 мм	Проба поочередно разбрасывается в кольцо и собирается в конус. При формировании конуса материал высыпается на его вершину, при разбрасывании и сборе пробы порции надо брать в различных точках кольца или конуса
Перекатывание	Пробы небольшой массы и крупности	Проба помещается на клеенку и резкими движениями перекатывается из угла в угол 20–30 раз

Продолжение табл. 3.1

Способ применения	Область использования	Отличительные признаки
Просеивание	Пробы малой массы и крупности, обычно после высушивания материала	Растирая комки резиновой пробкой, пробу пропускают 2–3 раза через сита с ячейками, размер которых в 2–3 раза больше размера максимального куска
Механическое перемешивание	Различная масса и крупность в зависимости от используемого оборудования	Проба помещается в какое-либо перемешивающее устройство, например, в мельницу без шаров, или с 3–5 фарфоровыми шарами

### Сокращение

Сокращение пробы – наиболее ответственная операция, при ее выполнении и появляется основная погрешность подготовки пробы. На практике обычно применяют перемешивание и сокращение пробы несколькими порциями. В случае возможности отбора числа порций, равного нескольким сотням, используют сокращение без перемешивания.

Сокращение может проводиться как неподвижных проб (табл. 3.2.), так и проб, масса которых каким-то образом перемещается (табл. 3.3.).

Таблица 3.2

### Способы сокращения неподвижных проб

Способ сокращения	Область применения	Отличительные признаки
Квартование	Сокращение проб, высыпанных на конус и тщательно перемешанных	Проба делится однократным внедрением крестовины в развернутый ею конус; сокращенной пробой считается материал, взятый из двух накрест расположенных секторов
Квадратование (вычерпование)	Сокращение проб, выровненных тонким слоем и тщательно перемешанных	Сокращение производится отбором нескольких десятков микропорций в узлах правильной сетки. Во избежание сегрегации пробу отбирают, погружая совok на всю глубину слоя
Способ линейки	Сокращение пробы, расположенной длинной узкой полосой на краю стола, перемешивание не требуется	От всей пробы отбирается 150–300 микропорций. Если лопатка, которой отбираются эти порции, достаточно узкая, то может быть отобрана сразу аналитическая проба

В последнем случае при сокращении пробы возможен как поперечный, так и продольный способ отбора микропорций.

Обычно выполняется несколько циклов подготовки: дробление материала до 25; 3(10); 0,1(0,2) мм, сокращение можно выполнять несколькими операциями.

Таблица 3.3

### Способы сокращения перемещаемых проб

Способ сокращения	Область применения	Отличительные признаки
<i>Методом поперечных сечений</i>		
Выборочный (фракционный)	Сокращение больших проб ручным инструментом без перемешивания	При перегрузке или перебрасывании пробы в сокращенную часть отбирается каждая $n$ -я порция
Механическое сокращение с применением различных устройств	Сокращение любых проб, для которых пригодно имеющееся оборудование	Деление пробы на 16 частей, при этом в каждую часть отбирается большое число микропорций
<i>Методом продольных сечений</i>		
С помощью желобчатых сократителей	Для средних и малых проб (до 25 кг) небольшой крупности; целесообразно хотя бы слабое перемешивание	Проба делится на 10–16 параллельных струй, четные из которых отбираются в одну пробу, нечетные в другую. Проба подается на сократитель специальным совком на всю ширину сократителя
Статическим сократителем	Жидкие пробы и пульпы	Проба перед сокращением турбулизируется и делится на 2 части. Такое деление повторяется несколько раз

### 3.2. Оборудование для обработки проб

Сокращение пробы – наиболее ответственная операция. При ее выполнении и появляется основная погрешность подготовки пробы.

Механические сократители выполняются двух типов (рис. 3.2) Первый тип сократителей (рис. 3.2, а, б) применяется для сокращения сыпучих проб массой 0,1 до 30 кг. Минимальный вес сокращенной пробы от 0,005 до 2 кг. Отличается помещаемой в бункер 1 и выгружаемой из него шнеком 2 пробой, поток которой пересекается стенками вращающихся пробоприемных сосудов 3. Таких сосудов может быть 10–12, они располагаются радиально и составля-

ют, по существу, 10–12 щелей радиального пробоотбирателя. За время разгрузки пробы может быть отсечено несколько сотен микропорций. Применение механического сократителя проб типа МСП исключает необходимость предварительного перемешивания пробы. У сократителей этого типа (рис. 3.2, б) вращаться могут не сосуды, а распределительный патрубок. Пробу, чаще всего жидкую, помещают в сосуд 1 с мешалкой 2; вращающийся изогнутый патрубок 3 распределяет микропорции пробы по неподвижным сосудам 4.

Основной недостаток сократителей этого типа – ограничение скорости перемещения сосудов 3 (рис. 3.2, а) либо патрубка 3 (рис. 3.2, б) по величине, соответствующей скорости отбрасывания частиц.

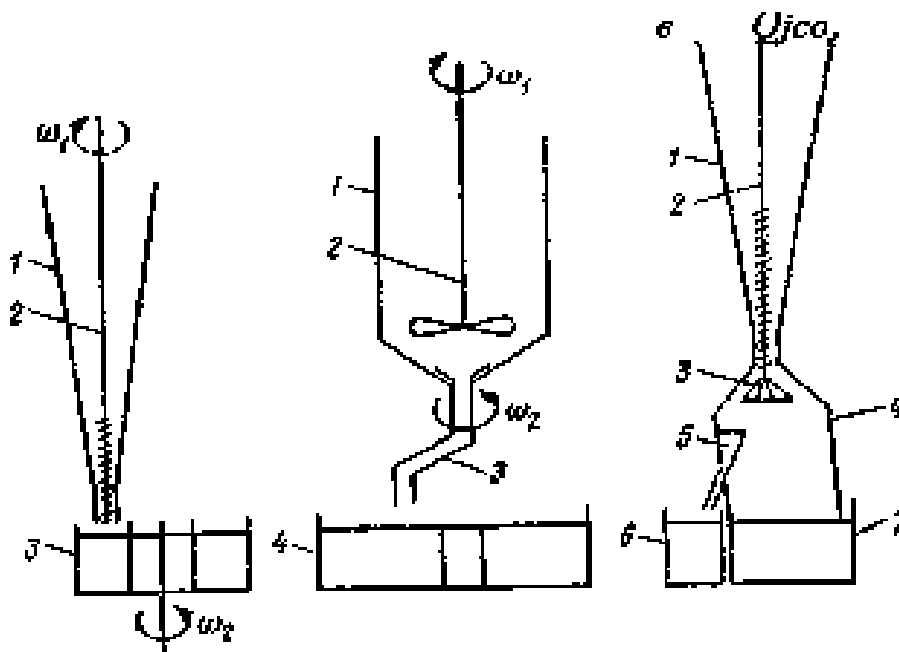


Рис. 3.2. Механические сократители: а – с вращающимися приемными сосудами; б – с вращающейся трубкой; в – с разбрасывателем

Второй тип сократителей (рис. 3.2, в) отличается тем, что проба помещается в бункер 1 и выгружается из него шнеком 2, попадает на разбрасыватель 3. С помощью разбрасывателя поток материала разбрасывается в виде кольца и оседает по цилиндрической стенке пробоприемной части 4, внутри которой часть кольца выделяется сектором 5 в сокращенную пробу, поступающую в пробоприемный сосуд 6. Остаток пробы собирается в сосуде 7. Пробу можно делить на несколько частей, сколько будет встроено секторов 5.

У сократителей этого типа нет ограничений по скорости разбрасывания и проба может образовывать весьма тонкое кольцо при перемещении по цилиндрической стенке 4, вплоть до перемещения частиц полностью отделенных друг от друга.

Сокращение проб способом продольных сечений также широко распространено. Наилучший вариант использование желобчатых сократителей, которые можно встретить практически на любом участке сокращения проб (рис. 3.3).

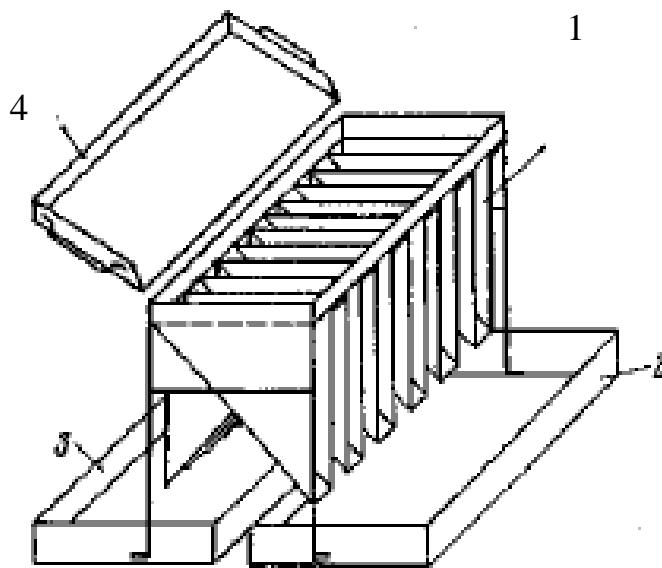


Рис. 3.3. Желобчатый сократитель

Желобчатый сократитель содержит четное (не меньше 10–12) число желобков 1 шириной обычно более  $2 \div 3d_{\max}$ . Желобки разделены друг от друга стенками и имеют наклонное (под углом 55–60°) дно. Система желобков устанавливается на ножках в приемные сосуды 2 и 3 для двух частей пробы. Проба после легкого перемешивания помещается в совок 4, имеющий ширину, в точности равную суммарной ширине всех желобков, и равномерным потоком высыпается с совка на сократитель. С помощью желобчатых сократителей достигается высокое качество сокращения.

### *Дополнительные операции подготовки проб*

#### Дробление

Дробление осуществляется на лабораторных дробилках, соответствующего типа размера. Для дробления проб крупностью 10–50 мм и более применяются щековые дробилки. Для проб крупностью от 1 до 10 мм применяют валковые дробилки. Для получения проб крупностью 0–0,1 мм применяют мельницы и истиратели. Для

измельчения крупных проб используют шаровые мельницы, а для мелких проб механические истиратели и агатовые и фарфоровые ступки.

### Грохочение проб

Грохочение проб выполняется на ручных или механических грохотах, с размерами ячеек сит, соответствующими технологической схеме подготовки проб. Крупные пробы обрабатываются на инерционных наклонных грохотах, а мелкие пробы, обработанные ручным способом, рассеиваются на контрольных ситах. При механическом истирании проб необходимая крупность подбирается режимом работы истирателя.

### Обезвоживание проб

*Декантация* выполняется сливом жидкой фазы после отстаивания пробы. Слив производится через край сосуда или с помощью шланга. При этом в слив должна попадать только чистая вода без твердых частиц. При подготовке товарных проб производить декантацию не рекомендуется.

*Фильтрование* осуществляется с целью экспрессного удаления влаги. Применяются вакуум-фильтры. При подаче горячего воздуха в процесс фильтрования одновременно происходит подсушивание материала.

*Сушка* пробы осуществляется в сушильных шкафах, температура в которых зависит от материала и назначения пробы. Для угля  $t = 35\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При сушке материал может образовать на поверхности корки, которые растрескиваются и выскакивают из емкости, засоряя другие пробы. Поэтому пробы в процессе сушки необходимо периодически перемешивать.

### Засорение проб

Попадание в пробу посторонних продуктов в процессе отбора и подготовки называется засорением проб. Засорение может привести к грубым и случайным ошибкам, поэтому засорение должно быть исключено.

Основные причины засорения:

– случайное попадание в открытую пробу различных переливов, брызг, россыпей и т. п.

– остатки предыдущих проб в емкостях и на инструментах отбора проб.



Литература 1, 4, 5, 8, 9.

### **Вопросы для самопроверки**

1. *Назовите типовые операции при подготовке пробы.*
2. *Назовите способы перемешивания проб.*
3. *Отличительные признаки способов сокращения неподвижных проб.*
4. *Область применения способов сокращения перемещаемых проб.*
5. *Какое оборудование используется для подготовки проб?*
6. *Дополнительные операции подготовки проб.*

## 4. МЕТОДЫ ОТБОРА И ПОДГОТОВКИ ПРОБ ТОПЛИВА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ (ГОСТ 10742–71)

### 4.1. Общие положения

#### *Терминология*

*Партия топлива* – количество топлива, отгруженное потребителю за определенный промежуток времени, среднее качество которого характеризуется одной объединенной пробой.

*Объединенная проба* – состоит из требуемого количества точечных проб, отобранных непосредственно от партии топлива и характеризующая его среднее качество.

*Точечная проба* – количество топлива, отобранное из одного места однократным движением устройства для отбора проб.

*Лабораторная проба* – проба, полученная в результате обработки объединенной пробы до крупности 0–3 мм (0–10), и предназначенная для лабораторных испытаний и для подготовки аналитических проб.

*Аналитическая проба* – предназначенная для проведения анализов.

Отбор проб производится от каждой партии топлива. По согласованию сторон допускается периодическое опробование партий топлива. Отбор проб производится от потока топлива и от неподвижного слоя топлива.

Базовая погрешность опробования (отбора, подготовки и анализа проб) при определении зольности или массовой доли общей влаги при доверительной вероятности  $P = 0,95$  приведена в табл. 4.1.

Базовая погрешность опробования применяется для всех видов опробования, если в договоре на поставку сырья не предусмотрены иные нормативы погрешности.

**Пример.** Проводится анализ пробы  $A^d = 12 \%$ . В этом случае базовая погрешность  $\Delta_{abc} = 10 \%$ .

$$\text{Абсолютная погрешность } \Delta_{abc} = \frac{\Delta_{отн} \cdot A^d}{100} = \frac{10 \cdot 12}{100} = 1,2 \%$$

Полученный результат анализа должен находиться в интервале от 10,8 % до 13,2 %.

Таблица 4.1

## Базовая погрешность опробования

Наименование показателя	Значение	Базовая погрешность опробования
Зольность ( $A^d$ ) или массовая доля рабочей влаги ( $W_t^r$ )	До 20 %	$\pm 10$ отн. %
	Более 20 %	$\pm 2$ абс. %
Низшая теплота сгорания ( $Q_i^r$ )	До 12,56 МДж/кг (до 3000 ккал/кг)	$\pm 0,63$ МДж/кг ( $\pm 150$ ккал/кг)
	Более 12,56 МДж/кг (более 3000 ккал/кг)	$\pm 0,84$ МДж/кг ( $\pm 230$ ккал/кг)

*Количество и масса точечных проб*

Отбор объединенных проб выполняется от каждой партии материала, в соответствии с ГОСТ 10742–71. Отбор должен производиться механизированным способом с применением пробоотборников. Если механизированный способ невозможен, то допускается отбор проб вручную.

Количество точечных проб, отбираемых в объединенную пробу от партии каменного угля и антрацита массой до 1000 т или партии бурых углей, горючих сланцев и брикетов массой до 2500 т для определения зольности, массовой доли общей влаги и низшей теплоты сгорания с погрешностью, не превышающей величин, указанных в табл. 4.1, равняется значениям, указанным в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Вид топлива	Количество точечных проб ( $n$ ), не менее
Топливо обогащенное и брикеты	16
Топливо необогащенное	32

Обогащенным топливом считают концентрат (рассортированный и нерассортированный), вырабатываемый на обогатительных фабриках и установках. Другие виды продуктов считают необогащенным топливом.

От партии массой до 500 т в объединенную пробу отбирают 16 точечных проб независимо от вида топлива.

От партии топлива, состоящего из одного железнодорожного вагона, в объединенную пробу отбирают 8 точечных проб, независимо от вида топлива.

Если партия материала превышает 1000 т для каменных углей и антрацитов и более 2500 т для бурых углей, горючих сланцев и брикетов количество точечных проб ( $n_1$ ) рассчитывается по формуле

$$n_1 = n \cdot \sqrt{\frac{M}{C}}, \quad (4.1)$$

где  $M$  – масса партии, от которой отбираются пробы, т;  $C$  – 1000 т – для каменных углей и антрацитов или 2500 т – для бурых углей, горючих сланцев и брикетов;  $n$  – базовая число точечных проб – 16 или 32.

По согласованию между поставщиком и потребителем допускается проводить отбор проб с большей или меньшей погрешностью, чем представленной в табл. 4.1. В этом случае число точечных проб ( $n_2$  и  $n_3$ ) рассчитываются по формулам:

$$n_2 = n \cdot \frac{\Delta^2}{\Delta_1^2}; \quad (4.2)$$

$$n_3 = n_2 \cdot \sqrt{\frac{M}{C}}, \quad (4.3)$$

где  $\Delta$  – погрешность по табл. 4.1;  $\Delta_1$  – погрешность, установленная по согласованию;  $n_2$  – количество точечных проб при погрешности, установленной по согласованию для партий каменных углей и антрацитов массой до 1000 т или для партий бурых углей, горючих сланцев и брикетов до 2500 т;  $n_3$  – количество точечных проб при погрешности, установленной по согласованию для партии каменных углей и антрацитов массой более 1000 т или для партии бурых углей, горючих сланцев и брикетов более 2500 т.

Минимальная масса точечных проб, отбираемых в объединенную пробу, должна быть не менее

$$m = 0,06 \cdot D_{\max}, \quad (4.4)$$

где  $m$  – минимальная масса точечной пробы, кг;  $D_{\max}$  – размер максимальных кусков, мм.

## 4.2. Отбор проб топлива

### *Отбор проб из потока*

Из потока пробы отбирают при погрузке или разгрузке вагонов, судов, автомашин и других транспортных средств, а также при транспортировании топлива конвейерами непосредственно потребителям.

Отбор проб из потока производят механизированным способом с применением имеющихся в наличии пробоотборников и приспособлений. Точечные пробы объединенной пробы отбирают через равные интервалы времени.

Интервал времени ( $t$ , мин), через который должны отбираться точечные пробы, рассчитывается по формуле

$$t = \frac{60 \cdot M}{Q \cdot n}, \quad (4.5)$$

где  $Q$  – производительность (мощность) опробуемого потока, т/ч;  $M$  – масса опробуемой партии топлива, т;  $n$  – количество точечных проб, которое необходимо отобрать в пробу.

При отборе проб из потока мощностью более 600 т/ч допускается деление его на части, при этом отбор точечных проб производится поочередно из каждой части потока с постоянными интервалами времени.

При отборе проб с поверхности движущегося конвейера точечные пробы следует отбирать по всей толщине потока перпендикулярно или под углом, чтобы приспособления не создавало подпора потоку материала.

Отбор проб от топлива, которое транспортируется элеватором, проводят после разгрузки ковшей или непосредственно из отдельных ковшей.

Отбор проб с поверхности остановленного конвейера производится главным образом для проверки всех способов отбора проб. Точечные пробы отбирают с помощью приспособления (рамы), погружаемого в массу топлива до транспортирующей поверхности, перпендикулярно направлению движения потока. В точечную пробу включают все топливо, попавшее внутрь приспособления, и отдельные крупные куски, попавшие под правую сторону приспособления (по направлению движения потока). Рама должна представлять собой две параллельные, вертикально расположенные стенки,

отстоящие одна от другой на расстоянии, равном не менее двум размерам максимального куска, и жестко соединенные между собой.

*Отбор проб из железнодорожных вагонов,  
вагонеток, автомашин*

От топлива, погруженного в железнодорожные вагоны, вагонетки, автомашины, пробы отбирают в тех случаях, когда невозможно осуществить отбор проб из потока.

Отбор точечных проб производится из определенных точек, равномерно расположенных на поверхности вагонов, вагонеток, автомашин. Отбор точечных проб вручную производят со дна лунок, выкопанных на глубину не менее 0,4 м от поверхности погруженного топлива, а для брикетов не менее 0,2 м.

Топливо берут без выбора, включая в точечную пробу уголь, сростки, породу. При отборе проб вручную от топлива крупностью до 100 мм топливо отбирают в один прием, а от топлива крупностью более 100 мм допускается производить набор точечных проб в 2–3 приема, обеспечив при этом требуемую массу точечной пробы.

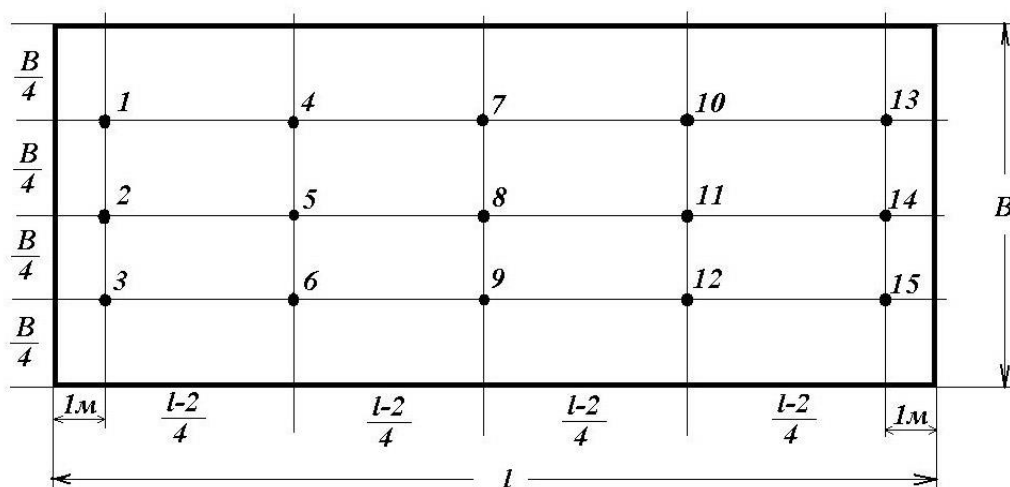


Рис. 4.1. Схема отбора точечных проб из железнодорожных вагонов

Расположение мест отбора точечных проб из вагона должно соответствовать схеме, приведенной на рис. 4.1, из автомашин и вагонеток – на рис. 4.2. При отборе проб из единичных вагонов точечные пробы отбираются по схеме, изображенной на рис. 4.1, в шахматном порядке.

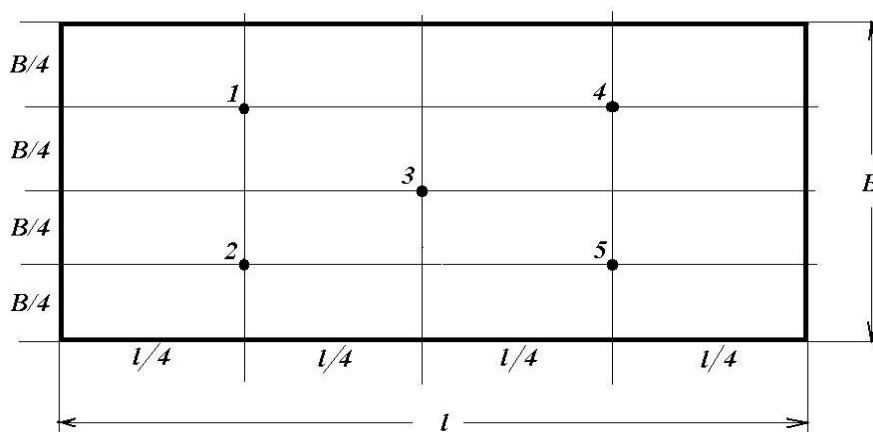


Рис. 4.2. Схема отбора точечных проб из вагонеток и автомашин

Для отбора проб из железнодорожных вагонов, автомашин и автоприцепов допускается применять промышленные грейферные установки, при этом ширина раскрытия челюстей грейферов должна быть не менее половины ширины вагона, а ширина челюстей – не менее чем в 2,5 раза больше размера максимальных кусков опробуемого топлива.

При отборе проб грейферными установками из каждого вагона отбирают точечную пробу – грейфер. При этом необходимо соблюдать указанную ниже последовательность в выполнении отдельных операций:

- расположение точек отбора должно соответствовать схемам, приведенным на рис. 4.3–4.4;

- отбор точечных проб в каждой точке производят погружением грейфера в топливо не менее чем на 0,4 м при полном раскрытии его челюстей;

- отобранная грейфером точечная проба разгружается в накопительную емкость, из которой равномерным потоком поступает на механический пробоотборник;

- от каждой точечной пробы топлива, отобранной грейфером, механический пробоотборник должен отбирать не менее трех точечных проб. Масса точечных проб, отбираемых механическим пробоотборником, должна соответствовать требованиям стандарта.

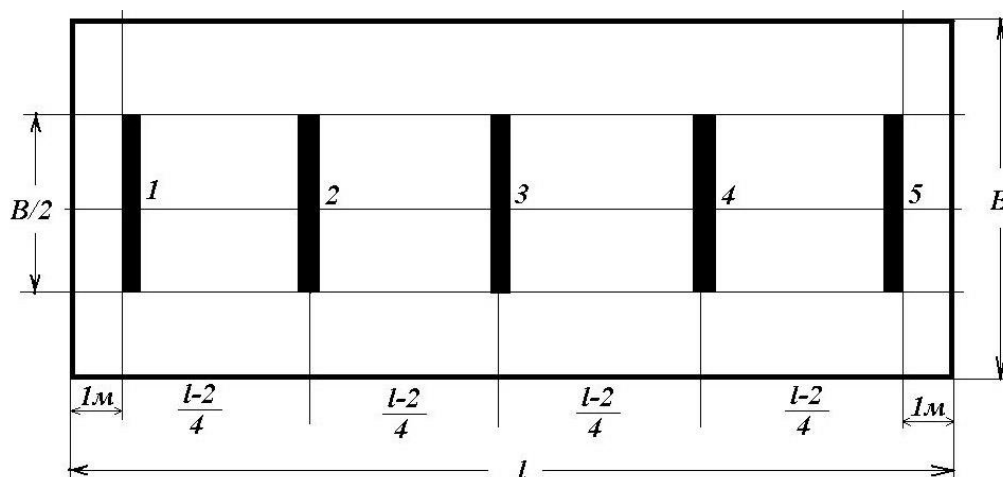


Рис. 4.3. Схема отбора точечных проб промышленным грейфером из железнодорожных вагонов

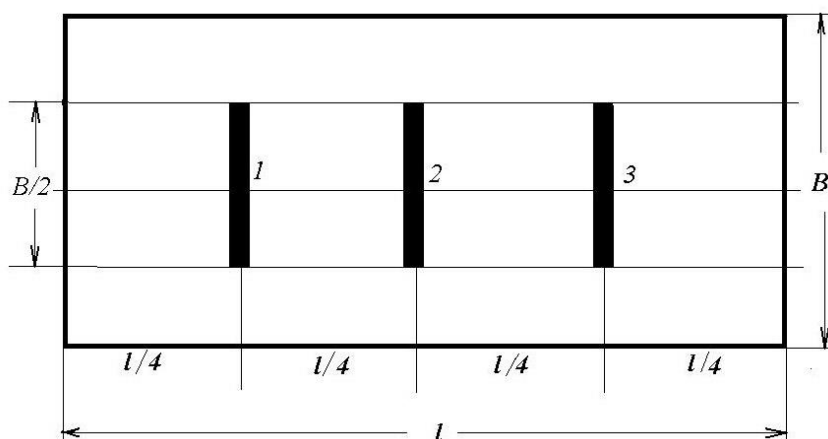


Рис. 4.4. Схема отбора точечных проб промышленным грейфером из вагонеток и автомашин

### *Отбор проб с судов и барж*

Отбор проб из судов и барж производится с помощью грейферных установок только в тех случаях, когда невозможно применить отбор проб из потока или из вагонов и вагонеток. Количество точечных проб, отбираемых в пробу, должно соответствовать стандарту, а периодичность отбора точечных проб (грейферов) в объединенную пробу ( $f$ ) определяют по формуле

$$f = \frac{M}{q \cdot n}, \quad (4.6)$$

где  $f$  – периодичность отбора;  $q$  – грузоподъемность грейфера, т;  $n$  – количество точечных проб, которые необходимо отобрать в пробу;  $M$  – масса опробуемого топлива, т.



При транспортировании судном топлива одного типа (марки) или класса крупности от всего загруженного топлива отбирают одну объединенную пробу. Количество точечных проб, отбираемых от топлива, находящегося в каждом трюме, должно быть пропорционально количеству топлива, погруженного в соответствующий трюм.

При транспортировании судном топлива различных типов (марок) или классов крупности топливо, находящееся в каждом трюме, считают отдельной партией, от которой отбирается объединенная проба.

Отбор проб непосредственно из барж допускается только в тех случаях, когда нет возможности произвести отбор проб из потока или с помощью грейфера. Подлежащие отбору в объединенную пробу точечные пробы равномерно распределяют по всей площади баржи, как это изображено на рис. 4.5.

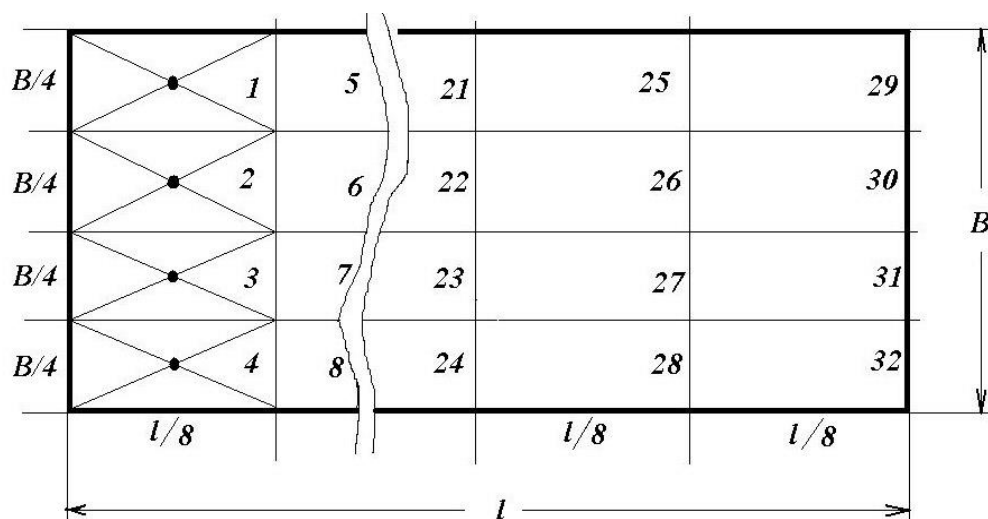


Рис. 4.5. Схема отбора точечных проб с барж

Если высота слоя топлива, погруженного в трюм, менее 4 м, то все точечные пробы отбирают из верхнего слоя. Если высота слоя топлива, погруженного в трюм, более 4 м, то точечные пробы должны отбираться послойно в два приема: нечетные точечные пробы отбирают после снятия верхнего слоя, а четные точечные пробы отбирают примерно с половины глубины погруженного топлива. С помощью грейфера топливо, которое разгружается, опробуется так же, как и во время погрузки.

### *Оборудование для отбора проб*

Для отбора применяют следующее оборудование:

а) механические пробоотборники для отбора проб в местах перепада потока, непосредственно с транспортерных лент, от топлива, погруженного в железнодорожные вагоны и другие транспортные средства (см. раздел 2.2);

б) приспособления для отбора проб вручную.

Оборудование для отбора проб должно удовлетворять следующим требованиям:

– ширина раскрытия отбирающего устройства пробоотборника должна превышать размер максимальных кусков опробуемого топлива не менее чем в 2,5 раза при отборе проб на перепадах потока, не менее чем в 2 раза при отборе проб с конвейерных лент и не менее чем в 1,5 раза – при отборе проб из транспортных средств.

Во всех случаях ширина раскрытия должна быть не менее 50мм;

– вместимость ковшовых отбирающих устройств должна быть такой, чтобы при отборе точечных проб исключалось их переполнение;

– отбирающее устройство должно полностью освободиться от материала пробы после окончания отбора;

– отбирающие устройства для отбора проб из потока должны за одно или несколько пересечений отбирать в пробу материал по всему поперечному сечению;

– буровой пробоотборник для отбора проб из транспортных сосудов должен отбирать точечные пробы на глубину не менее 3/4 высоты загруженного материала, а грейфер – не менее 0,4 м от поверхности загруженного слоя.

Новые типы пробоотборников перед внедрением должны испытываться с целью определения представительности отобранных ими проб.

### **4.3. Подготовка проб топлива для анализов и исследований**

#### *Операции подготовки проб*

Объединенные пробы обрабатывают по мере отбора отдельных точечных проб, или после отбора всех точечных проб, которые

составляют объединенную пробу. При этом нужно соблюдать меры, которые предотвращают потери материала и его загрязнение.

Обработка проб включает последовательные операции дробления, сокращения, измельчения (на рудах – истирание) и деления пробы с целью его подготовки до состояния, естественного для выполнения соответствующего исследования.

При обработке проб брикетов для общего анализа используют остатки брикетов после их испытания на механическую прочность и те брикеты из объединенной пробы, которые не подвергались испытанию.

Операции обработки проб проводят механизированным способом с применением машин и механизмов.

При необходимости допускается проводить обработку проб вручную (концентрат флотации, шлам и др.).

Обработку пробы проводят в две или три стадии (для угля крупностью более 150 мм), а руды в 4–5 стадий.

Объединенную пробу после дробления можно сокращать до пределов, указанных в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Минимальная масса пробы после сокращения

Размер максимальных кусков после дробления, мм	Минимальная масса пробы после сокращения, кг	
	обогащенный материал	необогащенный материал
25 (20)	5,0	30,0
13 (10)	1,5	10,0
3 (5)	0,6	2,0
1,6	0,2	1,0
1,0	0,15	0,6
0,2 до 0	0,085	0,085

Во время сокращения пробы ковшовым сократителем в сокращенную часть необходимо отобрать не менее 50 точечных проб массой не менее 0,1 кг каждая для крупности 0–20 (25) мм; 0,03 кг для крупности 0–10 (13 мм) и 0,01 кг для крупности 0–3 (5) мм.

Для других значений крупности, не предусмотренных табл. 4.3, минимальную массу (кг) сокращенной пробы рассчитывают по формулам:

для обогащенного топлива  $y = 0,105 + 0,034 \cdot d_{\max} + 0,011 \cdot d_{\max}^2$  ;

для необогащенного топлива  $y = 0,05 + 0,5 \cdot d_{\max} + 0,05 \cdot d_{\max}^2$

( $d_{\max}$  – размер максимальных кусков после дробления, мм).

Обычно пробы дробятся до крупности 3 мм (лабораторная проба), затем сокращаются и измельчаются до 0,2 мм (аналитическая проба).

### *Стадии подготовки проб*

Обработка проб производится следующим образом:

1. Объединенную пробу измельчают до крупности 0–3 мм или 0–10 мм и сокращают до необходимой массы. Если крупность пробы больше 150 мм сначала дробят до 20 (25) мм.

2. Сокращенная часть делителем делится на необходимое количество экземпляров лабораторной пробы. Масса каждого экземпляра должна быть не менее 0,5 кг. Для определения показателей качества может использоваться любой экземпляр лабораторной пробы.

3. Для определения общей влажности лабораторную пробу высыпают на противень слоем не более 10 мм, устанавливают в нагретый сушильный шкаф и сушат при температуре от 30 до 55 °С (медленное подсушивание) или от 105 до 135 °С (ускоренное подсушивание) до примерно атмосферной влажности. Если на определяемые показатели влияет повышенная температура, пробы нужно сушить только в условиях медленного подсушивания.

4. Подсушенную и охлажденную на воздухе лабораторную пробу измельчают для получения аналитической пробы необходимой крупности. Для проведения общего анализа (определение зольности, общей серы, теплоты сгорания) пробу измельчают до крупности 0–0,2 мм, для определения показателей коксования – до крупности 0–1,6 мм.

5. Измельченную пробу перемешивают и делителем сокращают до необходимой массы. При отсутствии механического делителя аналитическую пробу сокращают вручную с помощью крестовины, разделительной решетки или путем отбора точечных проб с различных мест, равномерно распределенных по всему объему пробы.

6. В химическую лабораторию направляют банки с лабораторной пробой для определения общей влажности и банки с аналитической пробой для проведения общего анализа.

7. Лабораторные и аналитические пробы засыпают в банки, взвешенные вместе с крышками, материалом для опечатывания и двумя этикетками, и снова взвешивают. Взвешивание выполняют с погрешностью не более 1 г.

8. На этикетках банок должны быть указаны:

- номер пробы;
- дата отбора и обработки;
- наименование пробы (товарная, контрольная, исследовательская и т. д.);
- масса банки и масса брутто пробы;
- наименование предприятия;
- вид продукции;
- марка и сорт продукта;
- масса партии материала, который опробовался;
- подпись лица, ответственного за отбор и подготовку пробы.

Одну этикетку вкладывают в банку с пробой, другую прикрепляют на банке. Если пробы не отправляются для немедленного анализа, банки плотно закрывают и опечатывают.

Помещения для подготовки проб должны быть хорошо освещенными, защищенными от ветра, солнечного нагрева, атмосферных осадков, поверхностей, которые излучают тепло, и должны быть отделены от других производственных помещений.

#### **4.4. Оборудование для обработки проб топлива**

##### *Требования к оборудованию для обработки проб*

Оборудование для обработки проб должно удовлетворять следующим требованиям:

- дробилки и мельницы должны обеспечивать заданную крупность дробления и измельчения (остаток на ситах с размером отверстий более 1 мм не должен превышать 3 % от массы, взятой для отсева, а на сите с отверстием 0,2 мм остатка не должно быть);
- сократители должны сокращать массу пробы в заданном соотношении, не нарушая ее представительности;

– делители должны обеспечивать деление проб на необходимое число экземпляров. При этом масса отдельных экземпляров разделенной пробы не должна отличаться от среднего значения более чем на  $\pm 10\%$ , а разница в зольности, теплоте сгорания и в массовой доли влаги не должна превышать допустимых расхождений (погрешности) между анализами дубликатных проб.

Контрольные испытания машин для подготовки проб проводятся не реже 1 раза в месяц путем рассева измельченного ими топлива.

Помещения для подготовки проб должны быть хорошо освещенными, защищенным от ветра, солнечного нагрева, атмосферных осадков, излучающих тепло поверхностей, и должны быть отделены от других производственных помещений.

Для обработки проб применяются проборазделочные машины следующих типов:

МПЛ – для подготовки лабораторных проб крупностью 0–3 мм из объединенных;

МПА – для подготовки аналитических проб крупностью 0–0,2 мм из объединенных;

МЛА – для подготовки аналитических проб для лабораторных исследований.

#### *Оборудование для обработки проб*

*Машина МПЛ-150* (рис. 4.6) предназначена для обработки проб каменного угля и продуктов обогащения крупностью до 150 мм и влажностью каменного угля не более 18 %, бурых углей не более 40 %, горючих сланцев не более 17 %. Производительность 1,3–2,2 т/ч.

Проба из бункера подается ленточным питателем 1 в молотковую дробилку 2. Автоматически через заданное время ковш сократителя 3, пересекая поток дробленой до 3 мм пробы, уменьшает ее массу, которая затем делится на три части с помощью делителя-сократителя 4 и накапливается в емкости. Остаток дробленого угля удаляется по течке 5.

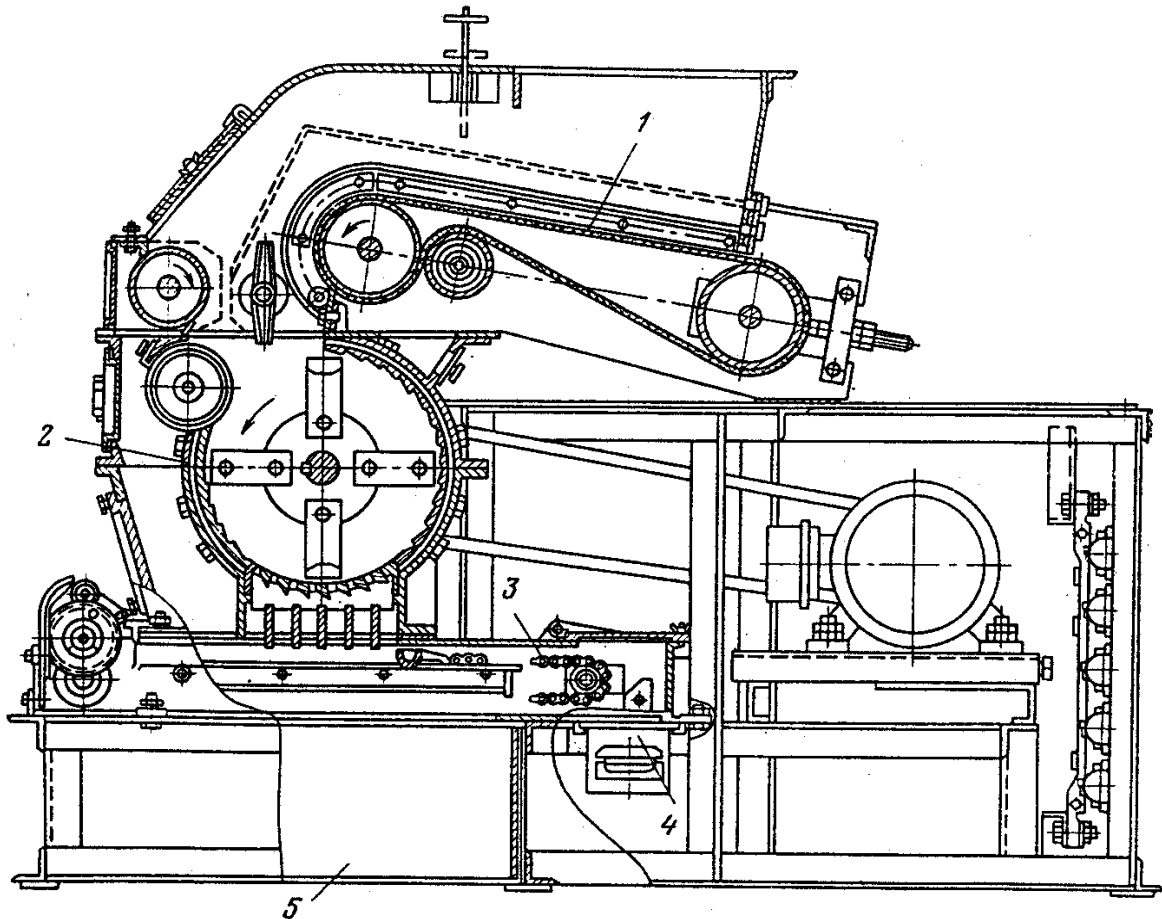


Рис. 4.6. Проборазделочная машина МПЛ-150: 1 – ленточный питатель; 2 – молотковая дробилка; 3 – ковшовый сократитель; 4 – делитель-сократитель; 5 – желоб для отходов

*Машина МПЛ-300* (рис.4.7) предназначена для обработки первичных проб угля и продуктов их обогащения крупностью до 300 мм и влажностью не более 15 % с целью приготовления лабораторных проб. Производительность до 15т.

Машина МПЛ-300 включает в себя следующие узлы:

1-я ступень: 1 – дробилка; 2 – разгрузочная решетка; 3 – питатель; 5 – желоб для удаления отходов; 6 – многоковшовый сократитель;

2-я ступень: 4 – машина МПЛ-150 (без ленточного питателя).

На первом ступени начальная проба крупностью до 300 мм питателем подается в молотковую дробилку и дробится до крупности 0–25 мм. Под дробилкой установлен наклонный многоковшевой цепной сократитель, ковши отбирают порции промежуточной раздробленной пробы и подают их в бункер 2-й ступени машины. Промежуточная проба измельчается до крупности 0–3 мм, вторично сокращается до 1,8–2,0 кг и делится на 3 лабораторные пробы. Остатки пробы удаляются по желобу.

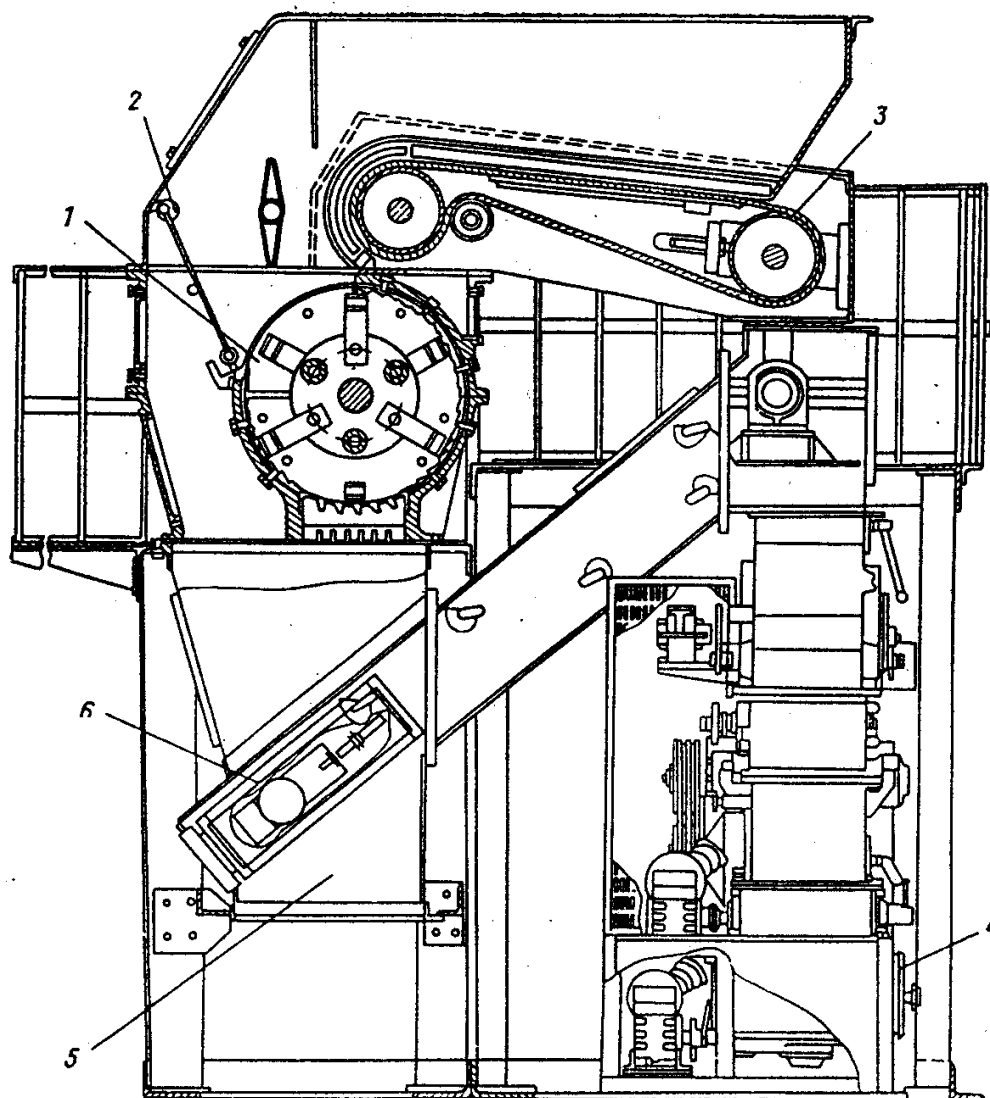


Рис. 4.7. Проборазделочная машина МПЛ-300

Установка машин проводится так, чтобы начальная проба поступала под действием собственной массы и возможности такого же разгрузки отходов (или с помощью транспортных устройств). Технические характеристики приведены в табл. 4.4.



Таблица 4.4

## Технические характеристики машин типа МПЛ

Параметры	МПЛ-150	МПЛ-300
Производительность, т/ч	1,3–2,0	до 15
Максимальная крупность исходного материала, мм	150	300
Крупность приготавливаемой пробы, мм	0–3	
Число приготавливаемых экземпляров лабораторных проб	3	
Допускаемое содержание влаги в исходных пробах, %:		
каменных углей и антрацитов	18	
бурых углей	40	
горючих сланцев	17	
Число установленных электродвигателей	3	6
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	11,2	34,2
Габариты, мм		
длина	2055	3000
ширина	1020	2150
высота	1768	3170
Масса, т	1,6	5,9

*Машина МПА-150* (рис. 4.8). Предназначена для обработки первичных проб каменных углей и продуктов их обогащения крупностью до 150 мм для одновременного приготовления лабораторной и аналитической проб.

Технические характеристики приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5.

## Техническая характеристика проборазделочной машины МПА-150

Параметры	МПА-150
Производительность, т/ч	1,3
Максимальная крупность исходного материала, мм	150
Крупность приготавливаемой пробы, мм	
лабораторной	0–3
аналитической	0–0,2
Число приготавливаемых проб:	
лабораторных	1
аналитических	3
Максимальное содержание влаги в исходной пробе каменного угля, %	18
Число установленных электродвигателей	5
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	14,9
Габариты, мм	
длина	2212
ширина	1092
высота	2596
Масса, т	2,27

Машина МПА-150 предпочтительна:

– при часовом (бункерном) режиме опробования с последующим лабораторным испытанием проб для технологического и приемочного контроля качества углей и продуктов обогащения;

– любых режимах опробования, завершающей операцией которых является измерение показателей качества по аналитическим пробам с помощью приборов.

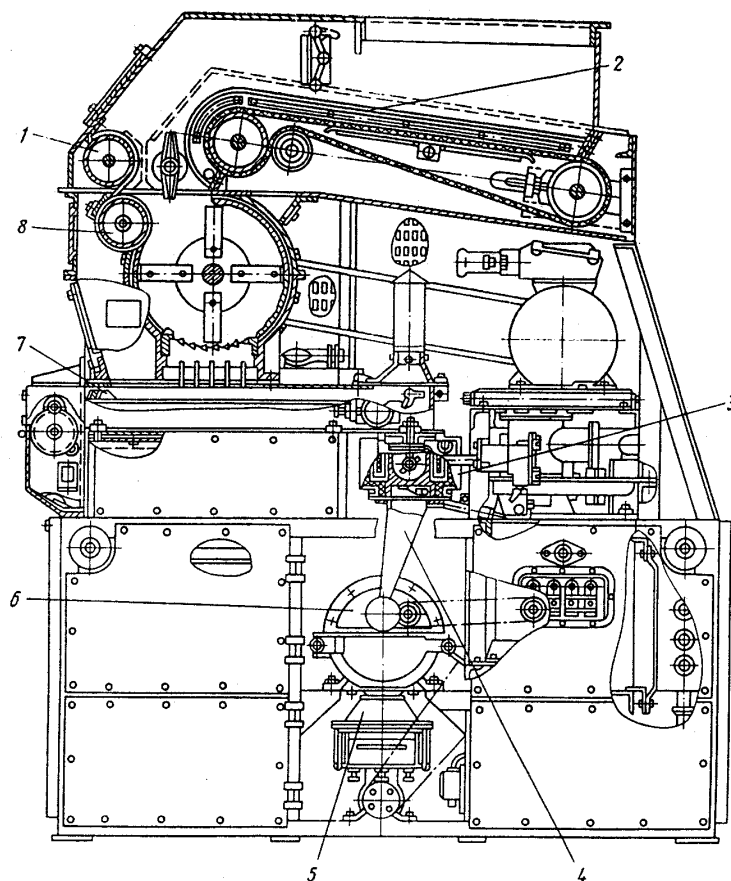


Рис. 4.8. Проборазделочная машина МПА-150

Основные узлы машины МПА-150: 1 – очистительный барабан; 2 – ленточный питатель; 3 – печь; 4 – желоб для лабораторной пробы; 5 – делитель; 6 – молотковая мельница; 7 – ковшевой сократитель; 8 – молотковая дробилка с очистителем.

Начальная проба питателем подается в молотковую дробилку, где дробится до крупности 0–3 мм. Под дробилкой установлен горизонтальный цепной сократитель с двумя ковшами. Он пересекает поток раздробленной пробы при движении на верхнем и на нижнем участках цепи. Зеркальное расположение ковшей позволяет отбирать две пробы, одна поступает в печь для подсушивания при температуре 135 °С, другая – в сборник лабораторной пробы. Подсу-

шенная проба с печи направляется в молотковую мельницу для измельчения до крупности 0–0,2 мм, затем механическим делителем делится на три части. Отходы пробы удаляются по желобу.

Схемы обработки проб в поборазделочных машинах МПЛ и МПА приведены на рис. 4.9 и 4.10.

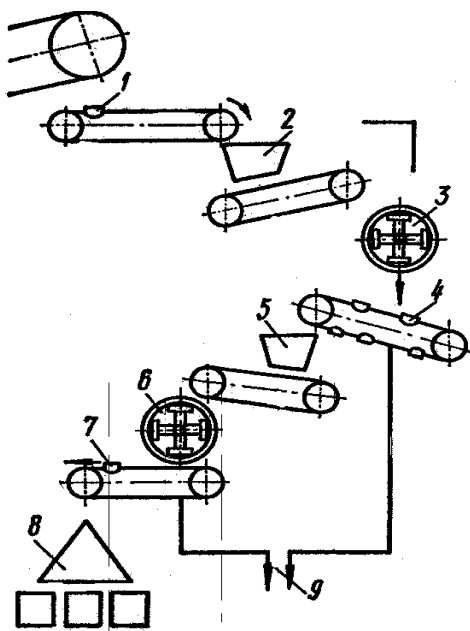


Рис. 4.9: 1 – ковшовый пробоотборник; 2 – бункер для накопления первичной пробы; 3 – молотковая дробилка; 4, 7 – ковшовый сократитель; 5 – бункер для промежуточной пробы; 6 – молотковая дробилка; 8 – лотковый делитель; 9 – удаление остатков

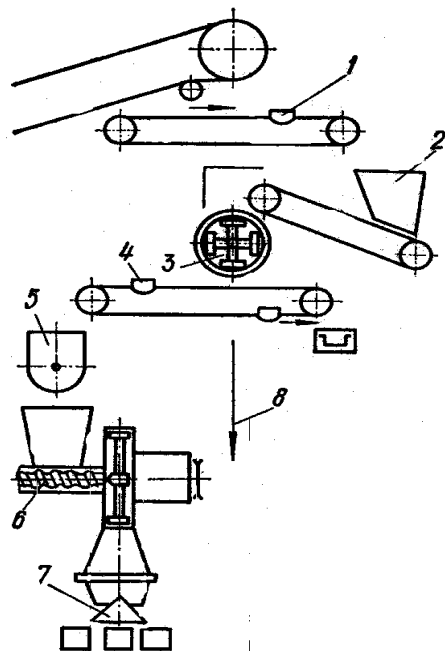


Рис. 4.10: 1 – ковшовый пробоотборник; 2 – бункер для накопления первичной пробы; 3 – молотковая дробилка; 4 – ковшовый сократитель; 5 – сушилка; 6 – молотковая мельница; 7 – лотковый делитель; 8 – удаление остатков

*Машина МЛА-3* (рис. 4.11) предназначена для подготовки аналитических проб из лабораторных путем их измельчения до крупности 0–0,2 мм и деления на три экземпляра.

Проба крупностью 0–3 мм, высушенная до воздушно-сухого состояния, винтовым питателем подается в полость корпуса молотковой мельницы, где измельчается до крупности 0–0,2 мм, разгружается через щелевидную решетку в нижней части мельницы и поступает в делитель, где делится на три равноценных экземпляра. Между мельницей и делителем пробы установлен фильтр для отвода воздуха из образующейся в мельнице угольно-воздушной смеси.

Технические характеристики приведены в табл. 4.5.

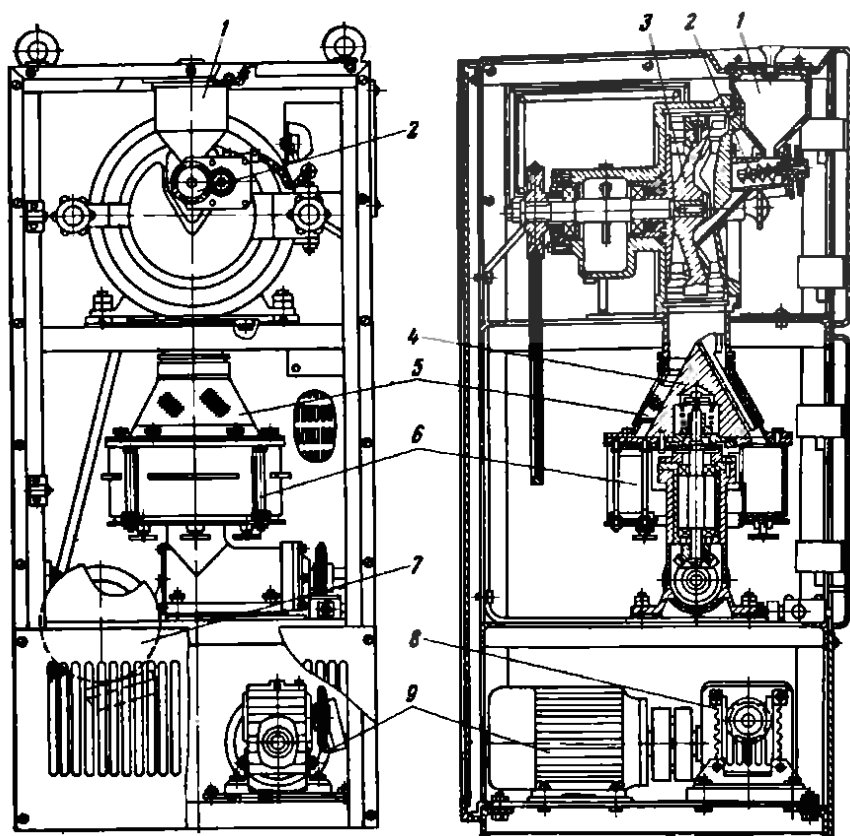


Рис. 4.11. Машина для подготовки аналитических проб МЈА-3:  
 1 – бункер для пробы; 2 – винтовой питатель; 3 – молотковая мельница; 4 – конусный делитель; 5 – фильтры; 6 – банки для проб; 7 – электродвигатель привода мельницы; 8 – редуктор; 9 – электродвигатель привода делителя

Таблица 4.5.

Техническая характеристика проборазделочной машины МЈА-150

Параметры	МЈА-3
Производительность, т/ч	1,3
Крупность исходной пробы, мм	0-3
Крупность измельченной пробы, мм	0-0,2
Объем бункера для исходной пробы, см <sup>3</sup>	800
Число истрателей	8
Частота вращения ротора, об/мин	3000
Продолжительность измельчения пробы массой 500 г, мин:	
каменного угля	4-5
антрацита	6-7
Габариты, мм	
длина	700
ширина	625
высота	1300
Масса, т	0,3

#### 4.5. Определение погрешностей на разных стадиях подготовки пробы

Начальная проба по отношению к характеристике испытуемого материала имеет случайную погрешность  $\sigma_v^2$ . При дроблении из-за потерь или засорения пробы будет добавлена погрешность  $\sigma_{др}^2$ ; при перемешивании – погрешность, возникающая также за счет возможных потерь и засорения, но в основном за счет не идеальности перемешивания. При сокращении возникает основная дополнительная погрешность  $\sigma_c^2$ . Эта погрешность неизбежна и связана с уменьшением числа кусков материала, который поступает в обработку. Уже имеющуюся погрешность отбора никаким дроблением и никаким преобразованием пробы изменить нельзя. Смысл хорошей подготовки пробы заключается в том, чтобы обеспечить необходимую для анализа массу (как правило, небольшую) с наименьшими погрешностями  $\sigma_{др}^2$ ,  $\sigma_{п}^2$ ,  $\sigma_c^2$ . Погрешности при дроблении и перемешивании не являются неизбежными, они принципиально могут быть сведены к нулю за счет высокого качества выполнения этих операций.

Погрешность на каждой стадии процесса подготовки пробы не зависят друг от друга. Поэтому, используя свойства аддитивности дисперсий независимых событий и уравнение  $\Delta = t \cdot \sigma_{\bar{X}} = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$ , предельную погрешность  $\Delta$  при определении любого показателя качества полезных ископаемых можно записать как

$$\Delta = \sqrt{\Delta_b^2 + \Delta_c^2 + \Delta_d^2 + \Delta_a^2} = t \cdot \sqrt{\frac{\sigma_b^2}{n_b} + \frac{\sigma_{c3}^2}{n_{c3}} + \frac{\sigma_{c0,2}^2}{n_{c0,2}} + \frac{\sigma_d^2}{n_d} + \frac{\sigma_a^2}{n_a}}, \quad (4.7)$$

где  $\Delta_b^2$ ,  $\Delta_c^2$ ,  $\Delta_d^2$ ,  $\Delta_a^2$  – соответственно предельные погрешности отбора, сокращения, деления и анализа проб;  $\sigma_b$ ,  $\sigma_{c3}$ ,  $\sigma_{c0,2}$ ,  $\sigma_d$ ,  $\sigma_a$  – соответственно среднеквадратичное отклонение различных операций обработки;  $n_b$ ,  $n_{c3}$ ,  $n_{c0,2}$ ,  $n_d$ ,  $n_a$  – соответственно число проб при отборе, число операций сокращения и деления, число навесок при анализе.

Для использования приведенного уравнения необходимо установить среднеквадратичное отклонение на разных стадиях подготовки пробы и, задаваясь соответствующим коэффициентом доверительности, определить предельную погрешность подготовки пробы.

Неоднородность или среднеквадратичное отклонение зольности проб определяется по формуле

$$\sigma_o = 0,133 \cdot A_{cp}^d + 0,51, \quad (4.8)$$

Зависимости неоднородностей по каждому показателю от его среднего значения следующие:

$$\text{содержание влаги: } \sigma_w = 0,107 \cdot W_{cp}^r + 0,073, \quad \% \quad (4.9)$$

$$\text{содержание серы: } \sigma_S = 0,115 \cdot S_{cp}^d, \quad \% \quad (4.10)$$

$$\text{выход летучих веществ: } \sigma_V = 0,006 \cdot V_{cp}^{daf} + 0,813, \quad \% \quad (4.11)$$

Погрешность перемешивания зависит от качества выполнения операций сокращения и не может быть определена теоретически. Ее следует определять экспериментально, сравнивая дисперсию сокращения, что достигается каким-либо методом, который обеспечивает близкие к идеальным условия перемешивания, с дисперсией, которая достигается в конкретных условиях. Например, относительная погрешность перемешивания квартованием составляет 1,35 %, при помощи механического перемешивания – 0,55 %. Итак, дисперсия неидеальности перемешивания составит  $\sigma_{\Pi}^2 = 1,35^2 - 0,55^2$  %.

Среднеквадратичная относительная погрешность неидеальности перемешивания  $\sigma_n = 1,23$  %.

Нормальный закон распределения показателей качества отдельных проб позволяет рассчитывать погрешность и число проб при отборе и сокращении по формулам

$$\Delta = t \cdot \sigma_{\bar{X}} = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{и} \quad n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}.$$

Погрешность сокращения пробы, измельченной до 0,2 мм

$$\sigma_{c0,2} = 0,267 - 0,0001 \cdot (A_{cp}^d - 47,9)^2, \quad \% \quad (4.12)$$

Погрешность при производстве анализов зольности

$$\sigma_a = 0,124 - 4,3 \cdot 10^{-5} \cdot (A_{cp}^d - 48,35)^2, \quad \% \quad (4.13)$$

Общая погрешность испытания рассчитывается по формуле (4.7).

Литература 1, 4, 5, 7, 15.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1. Формула для расчета интервала времени, через который должны отбираться точечные пробы.*
- 2. Как производится отбор проб из железнодорожных вагонов, вагонеток, автомашин?*
- 3. Нарисуйте схему отбора точечных проб промышленным грейфером из вагонеток и автомашин.*
- 4. Каким образом производится обработка проб?*
- 5. Нарисуйте схему обработки проб в проборазделочной машине МПЛ.*

## 5. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

### 5.1. Весовой учет исходного материала и продуктов обогащения

Учет количества рядового угля и продуктов обогащения является одним из важнейших параметров контроля и регулирования технологического процесса и производительности фабрики. Весовой учет рядовых углей, поступающий в ж/д вагонах, вагонетках, автотранспортом осуществляется на вагонных весах. Вагонные весы предусматривают взвешивание вагонов как на ходу, так и с остановкой и расцепкой вагонов.

Вагонные циферблатные весы РС-150Ц13В. Эти весы предусматривают взвешивание вагонов с остановкой и расцепкой. Предел взвешивания до 150 т, погрешность взвешивания  $\pm 1,5$  т, цена деления весов 50 кг.

Весы 675п-200. Вагонные циферблатные весы для взвешивания вагонов с остановкой и расцепкой и регистрации результатов взвешивания. Предел взвешивания до 200 т, допустимая погрешность  $\pm 2$  т, цена деления 100 кг.

Весы 272Т-200. Электронно-тензометрические весы предназначены для взвешивания вагонов весом до 93 т, предел взвешивания до 200 т, погрешность взвешивания  $\pm 0,5$  % от нагрузки. Цена деления 1000 кг.

При небольшой производительности фабрики взвешиваются все вагоны с углем, а при большой производительности и постоянных поставках партий топлива от одного поставщика допускается выборочное взвешивание отдельных вагонов. При этом общая масса грузопотока определяется произведением средней массы взвешенных вагонов на количество вагонов.

#### *Непрерывное взвешивание на ленточных конвейерах*

Конвейерные весы. Загрузка ленточных конвейеров должна осуществляться равномерно. Нагрузка на ленточный конвейер не должна превышать допустимую для данного типа конвейерных весов, так как перегрузка весами не учитывается. Не допускать перекоса ленты и обеспечивать постоянное ее натяжение.



Автоматические весы типа ЛТМ. Максимальная нагрузка не должна превышать 500 кг на метр ленты. Погрешность измерения  $\pm 1$  %.

Конвейерные электронно-тензометрические весы 576 Д. Эти весы встраиваются в конвейер, нагрузка 250 кг/м ленты, погрешность взвешивания 3–5 %.

Гамма – электронные весы ГКВ-1. Обеспечивают непрерывное бесконтактное взвешивание материала, мгновенное значение массы материала измеряется с помощью гамма детектора, максимальная нагрузка 100 кг/м ленты, погрешность 4 %.

## **5.2. Контроль расхода, плотности и концентрации твердого в пульпе**

Для измерения расхода пульпы применяют индукционные расходомеры и приборы, основанные на принципе измерения кинетической энергии движущейся жидкости, расходомеры переменного перепада. Последние предназначены для измерения расхода в трубопроводах с использованием сужающего устройства типа трубы Вентури.

Электромагнитные расходомеры основаны на законе электромагнитной индукции: создании ЭДС в потоке жидкости, перемещающейся перпендикулярно магнитному полю. Индукционные расходомеры 4-РИ предусмотрены для измерения расходов жидкости в трубопроводе до 400 м<sup>3</sup>/ч; расходомеры ИР-11 – до 2500 м<sup>3</sup>/ч. Они используются для измерения расхода технической воды. Погрешность измерения этими приборами составляет 1,5 % от верхнего предела измерений.

Расходы пульпы в ряде случаев определяют по измерению высоты потока, проходящего через треугольный незатопленный водослив с тонкой стенкой (рис. 5.1). Стержень с поплавком, находящийся на поверхности потока, перемещается в зависимости от высоты последнего и с помощью стрелки показывает уровень по шкале.

Удобнее определять расход пульпы расходомерами с калиброванной щелью. Они основаны на зависимости между уровнем пульпы перед сливным порогом и ее расходом и позволяют фиксировать расход пульпы в рабочих режимах оборудования, не снимая с него нагрузки.

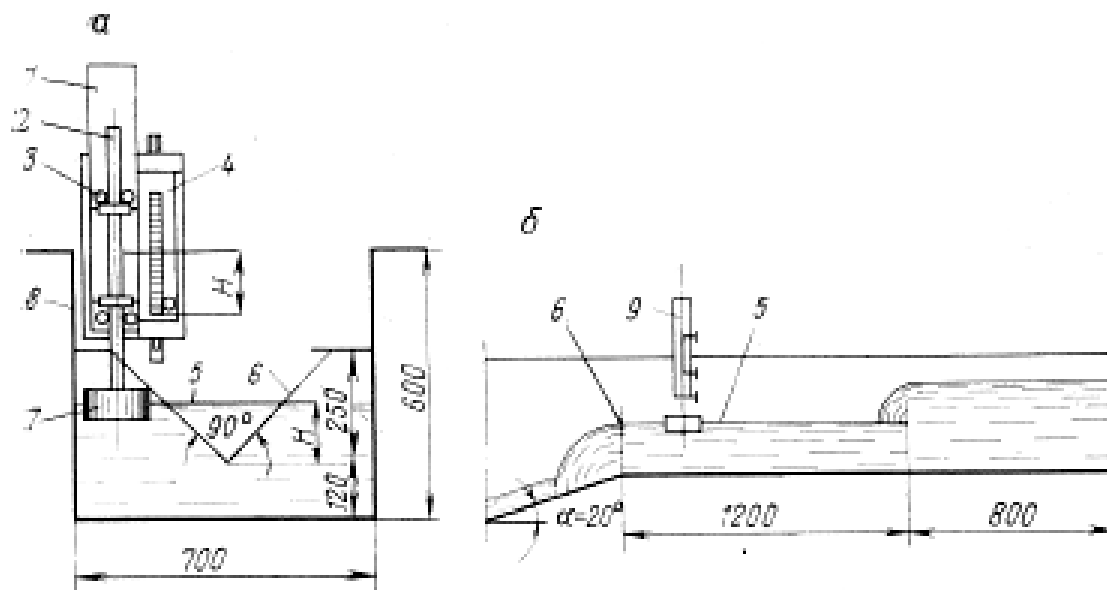


Рис. 5.1. Прибор для измерения расхода пульпы (а) и схема его установки (б):  
 1 – корпус; 2 – стержень; 3 – ролик; 4 – шкала; 5 – уровень пульпы;  
 6 – водослив; 7 – поплавок; 8 – желоб; 9 – пульпомер

*Плотность* пульпы обычно выражают процентным содержанием в ней твердой фазы через отношение массы твердой фазы к массе воды ( $T : Ж$ ) или через содержание твердой фазы в единице объема пульпы. Плотность пульпы является одним из основных параметров регулирования и контроля флотации, а также и других процессов, например сгущения и фильтрации.

Плотность пульпы определяется ручным или автоматическим способом. При ручном способе плотность пульпы определяется периодически, через 30–60 мин, в зависимости от степени колебания ее в точке опробования. Для этого используется мерная литровая кружка (пикнометр). Заполненную пульпой кружку взвешивают с точностью до 1 г и определяют плотность пульпы, разделив разницу между общей массой и массой тары (кружки) на 1000.

При постоянном значении плотности твердой фазы формула имеет вид

$$P = \frac{\delta(\Delta - 1) \cdot 100}{\Delta(\delta - 1)} = K \cdot \frac{\Delta - 1}{\Delta} \cdot 100, \quad (5.1)$$

где  $P$  – содержание твердого в пульпе, %;  $K = \frac{\delta}{\delta - 1}$ ;  $\delta$  – плотность твердого, г/см<sup>3</sup>;  $\Delta$  – плотность пульпы, г/см<sup>3</sup>.

Отношение массы твердой фазы  $T$  к массе жидкой  $Ж$  выражается зависимостью

$$T : Ж = \frac{P}{100 - P}. \quad (5.2)$$

Отношение массы жидкой фазы Ж к массе твердой Т называется *разжижением R*:

$$R = Ж : T = \frac{100 - P}{P}. \quad (5.3)$$

Откуда

$$P = \frac{100}{R + 1}. \quad (5.4)$$

По таблице определяют содержание твердой фазы в пульпе в процентах, в зависимости от плотности пульпы и твердой фазы.

*Непрерывно действующие определители плотности пульпы.*

При автоматическом контроле плотность пульпы измеряют различными приборами. Ниже приводится описание некоторых из них.

*Пьезометрический плотномер* – стационарный автоматический прибор для определения и регистрации плотности пульпы или суспензий. Действие плотномера основано на измерении перепада давления воздуха, выходящего из двух трубок, погруженных в пульпу или суспензию на различную глубину. Плотномер (рис. 5.2) состоит из измерительного сосуда с пьезометрическим датчиком 1, сосуда для установки прибора на нуль 2, фильтра воздуха 3, блока питания воздуха 4, дифференциального манометра 5, вторичного электронного прибора 6 и отражателя инфразвуковых колебаний 7. Измерительный сосуд – цилиндрический бак – изготовлен из листовой стали и снабжен тангенциальным вводом для пульпы, которая может подаваться непосредственно со слива классификатора или песковым насосом НП-1.

Трубки пьезометрического датчика из нержавеющей стали с внутренним диаметром 4–6 мм установлены с перепадом 100–150 мм. Концы трубок заточены на конус. Сосуд для установки прибора на нуль представляет собой стеклянный цилиндр, смонтированный в металлическом держателе. Крышка держателя имеет штуцер для выхода воздуха и резиновое уплотнение с подвижной трубкой, необходимое для установления нулевой точки шкалы плотномера. Для очистки воздуха применен фильтр типа ФВ-10. Перепад давления воздуха, выходящего из пьезометрических трубок, измеряют дифманометром типа ДМ-2. Блок питания типа ДПВШ-2 обеспечивает подачу воздуха к пьезометрическим труб-

кам при постоянном давлении. Отражатели инфразвуковых колебаний предназначены для снижения колебаний давления воздуха, возникающих при отрыве пузырьков на пьезометрических трубках. Отражатели сводят до минимума колебания показателей плотномера, не связанные с изменением плотности пульпы.

Вследствие дросселирования воздуха в блоке питания 4 давление его  $P_1$  и  $P_2$  в пьезометрических трубках снижается до величин

$$P_1 = h_1 \Delta \quad \text{и} \quad P_2 = h_2 \Delta,$$

где  $h_1, h_2$  – глубина погружения трубок;  $\Delta$  – плотность пульпы.

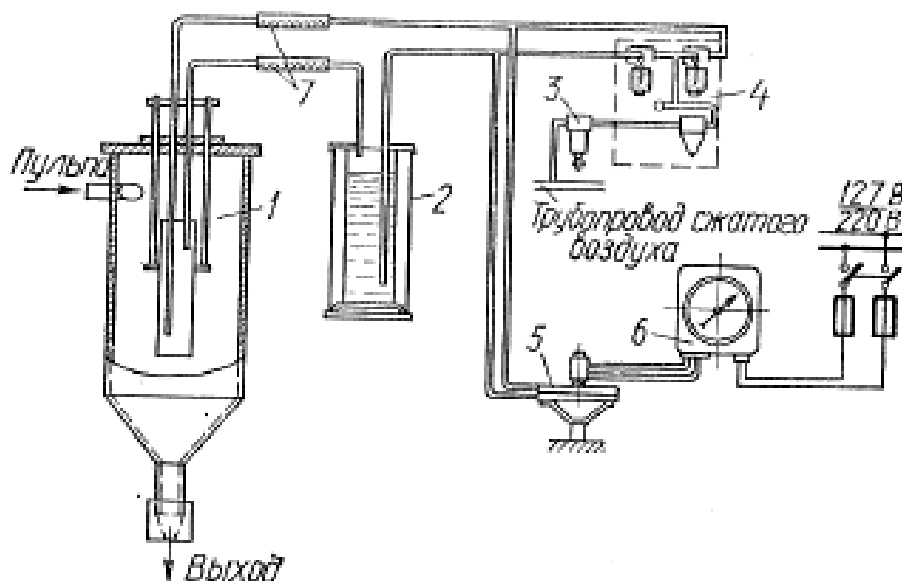


Рис. 5.2. Схема пьезометрического плотномера

Давление  $P_1$  и  $P_2$  передается на дифманометр, чувствительная система которого перемещается пропорционально плотности пульпы

$$\Delta P = P_2 - P_1 = (h_2 - h_1) \Delta.$$

Так как  $(h_2 - h_1)$  является постоянной величиной, то  $\Delta P$  пропорционально плотности пульпы.

Плотномер ГПИД (рис. 5.3) работает по принципу сообщающихся сосудов с применением гидростатических трубок. Известно, что если в пульпу опустить трубку с открытым концом и залить ее водой, то столб воды  $h$  установится на высоте в соответствии с уровнем  $\Delta_0 h_0 = \gamma h$ , где  $\Delta_0$  – плотность пульпы;  $h_0$  – высота столба пульпы (глубина погружения трубки);  $\Delta$  и  $h$  – соответственно плотность и высота столба воды. Величина  $h_0$  – постоянная (трубка

крепится на кронштейне), поэтому величина  $h$  прямо пропорциональна  $\Delta_0$  и меняется при ее изменении.

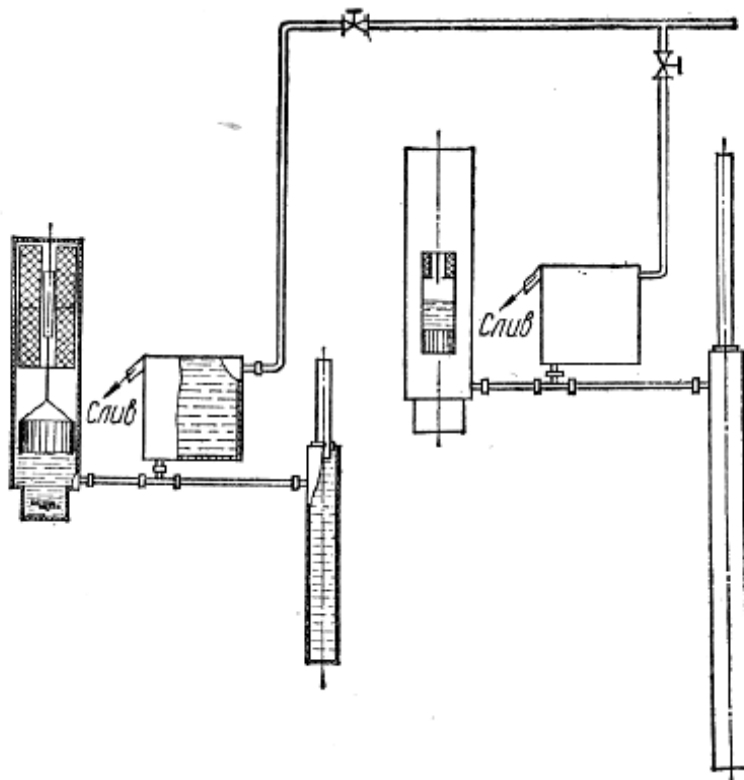


Рис. 5.3. Схема плотномера ГПИД

В трубке на воду опускается поплавок с плунжером, который входит в трансформаторный датчик, подключенный в измерительную систему прибора ЭМД-217. В зависимости от изменения плотности пульпы вода в трубке и поплавок будут подниматься или опускаться. При этом в трансформаторном датчике будет возникать электрический сигнал, который после усиления приведет в действие регулируемую систему прибора и исполнительные механизмы. Заданное значение плотности пульпы обычно поддерживается регулированием количества воды, подаваемой для разбавления пульпы.

*Весовой плотномер* харьковского завода КИП (рис. 5.4) работает по принципу непрерывного взвешивания движущейся пульпы в мерной трубе 1, которая соединена с питающим патрубком 2 гибким шлангом 3. Труба 1 подвешена на опорной планке 11 и пружинах 10. Изменение плотности движущейся пульпы вызывает перемещение трубы 1. Оно фиксируется с помощью дифференциального трансформаторного датчика 4, плунжера 12, который связан с трубой 1. Ток разбаланса, возникающий при перемещении плунжера 12, усиливается в электронном усилителе 5 и передается на двигатель 9.

Последний, вращая лекало 6 и рычаг 13, изменяет напряжение пружины 10 и возвращает трубу 1 в исходное положение. Лекало 6, шкала 7 и рамки вторичных ферромагнитных датчиков 8 принимают положение, соответствующее новому значению плотности. Диапазон измерения плотности от 1000 до 2500 кг/м<sup>3</sup>. Погрешность измерения до 1,5 % от диапазона шкалы.

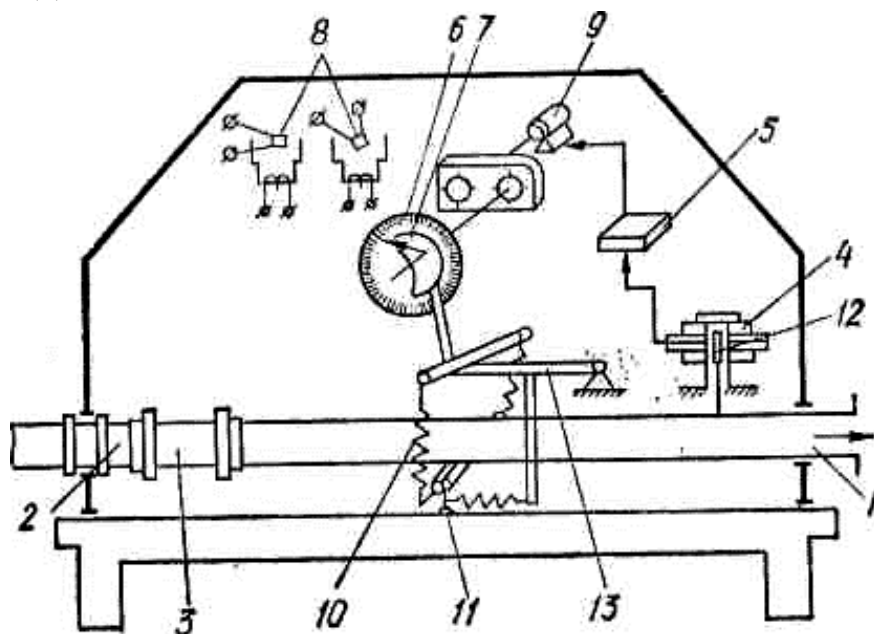


Рис. 5.4. Схема весового плотномера харьковского завода КИП

*Радиоактивные плотномеры* (рис. 5.5) имеют преимущества по сравнению с другими типами при контроле плотности пульпы в закрытых емкостях (когда нельзя погрузить датчик в контролируемую среду). Действие их независимо от конструкции основано на том, что существует линейная зависимость между коэффициентом поглощения  $\gamma$ -лучей и плотностью пульпы.

Если  $\gamma$ -лучи пропустить через трубопровод с пульпой, то интенсивность излучения на выходе

$$J = J_0 e^{-(\mu_0 d_0 + \mu d)},$$

где  $J_0$  – начальная интенсивность излучения перед трубопроводом;  $\mu_0$  – линейный коэффициент поглощения стенок трубопровода;  $d_0$  – суммарная толщина стенок на пути потока  $\gamma$ -лучей;  $\mu$  – линейный коэффициент поглощения пульпы;  $d$  – толщина просвечиваемого слоя пульпы.

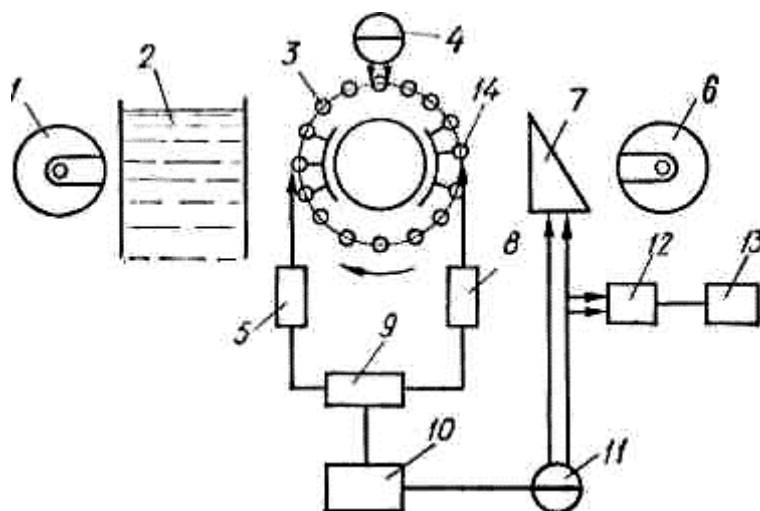


Рис. 5.5. Схема радиоактивного плотномера ПЖР-2М

Величина  $\mu$  зависит от химического состава и плотности пульпы, а также от энергии излучения. При жестком излучении чувствительность к химическому составу снижается. Вследствие этого для контроля плотности пульпы применяются радиоактивные изотопы  $^{60}\text{Co}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , имеющие жесткое излучение. Интенсивность проникающих  $\gamma$ -лучей воспринимается газоразрядными счетчиками, выходной сигнал которых усиливается электронной системой и передается на показывающий или записывающий прибор. На обогатительных фабриках применяются радиоактивные плотномеры ПЖР-2М и ПЖР-5.

Для определения малых концентраций твердого применим фотометрический метод. Сущность его заключается в том, что при пропускании светового потока через мутную среду часть света рассеивается взвешенными частицами и интенсивность выходящего потока света уменьшается.

### 5.3. Контроль вспомогательных параметров

Температура водной или воздушной среды, в которой протекают процессы обогащения, оказывает влияние на их результаты. Например, результаты флотации могут изменяться при колебании температуры пульпы в пределах  $5\text{--}10\text{ }^\circ\text{C}$ . Повышение температуры пульпы значительно снижает расход реагентов, обладающих способностью выкристаллизовываться или увеличивать вязкость среды при понижении температуры. Особенно заметно влияют колебания температуры пульпы на ход таких процессов, как промывка глини-

стых руд, фильтрация и сгущение угольных и рудных шламов. В тех случаях, когда температура пульпы колеблется в небольших пределах, ее измеряют с помощью обычных ртутных термометров. Для автоматического замера применяются контактные ртутные и манометрические термометры. Для дистанционного контроля и автоматического регулирования температуры сушильных и агломерационных устройств применяются термометры сопротивления и термопары.

Контроль уровня заполнения различных емкостей рудой, пульпой и другими материалами проводится для поддержания необходимого их запаса, предотвращения переполнения и опорожнения емкостей, а также для дистанционного управления процессом заполнения. На обогатительных фабриках заполнение бункеров сыпучим материалом контролируют механическими, кондуктометрическими, емкостными и радиометрическими методами.

*Механические уровнемеры* по количеству контролируемых уровней разделяют на точечные и зондовые. Первые сигнализируют о наличии сыпучего материала на данной отметке, вторые периодически выдают информацию о действительном уровне материала в бункере. Конструкции механических уровнемеров разнообразны. Примером точечного уровнемера может служить указатель уровня типа УКМ с крыльчаткой, а зондового – электромеханический типа УЭМ-1180.

Действие *кондуктометрических уровнемеров* основано на различии измеряемого электрического сопротивления воздуха и сыпучей массы. Кондуктометрические уровнемеры состоят из электрода и схемы усиления. Когда уровень материала в бункере достигает контрольной метки, электрод измеряет сопротивление на участке «контрольная отметка – земля». Затем сигнал усиливается специальным устройством. К числу наиболее распространенных кондуктометрических уровнемеров относятся реле искробезопасного контроля сопротивления (ИКС) и сигнализатор наличия руды (СНР-1063М).

*Емкостные уровнемеры* основаны на измерении емкости на участке «электрод – земля».

Радиометрические уровнемеры базируются на принципе измерения поглощений радиоактивных излучений.



При выборе типа уровнемера необходимо учитывать характер контролируемой среды. При контроле уровня материалов, склонных к налипанию, механические уровнемеры часто не срабатывают. Кондуктометрические и емкостные уровнемеры невозможно применять при контроле уровней вязких и кристаллизующихся материалов. Радиометрические уровнемеры рекомендуется применять для контроля материалов в закрытых емкостях.

На обогатительных фабриках контролируют уровень воды, пульпы, флотореагентов и смазочных масел, находящихся в соответствующих емкостях. Для этого применяют поплавковые, пьезометрические, электродные (кондуктометрические и емкостные) и радиометрические уровнемеры (рис. 5.6).

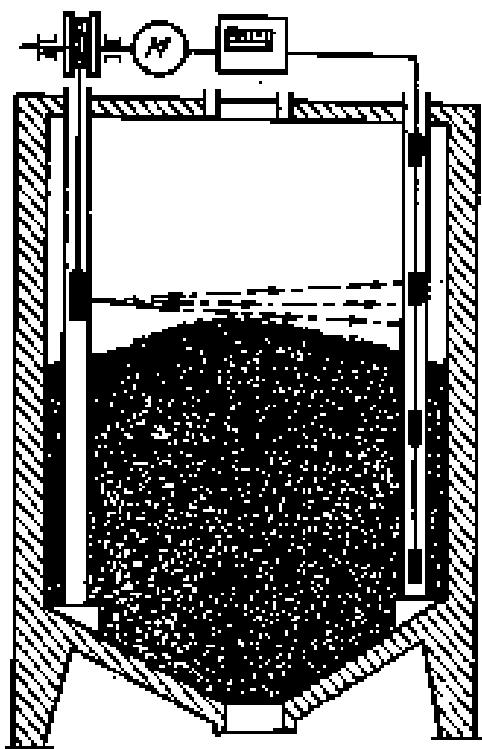


Рис. 5.6. Схема установки радиоактивного сигнализатора уровня

К поплавковым уровнемерам относятся поплавковое реле типа РП-1065 (рис. 5.7), дистанционный сигнализатор ДСУ-1М и другие приборы. Поплавковые реле типа РП-1065-0 предназначены для контроля предельных уровней, а типа РП-1065-1 – для непрерывного их контроля. Дистанционный сигнализатор ДСУ-1-М имеет сельсин-датчик, поэтому результаты измерения уровня могут передаваться на расстояние. Поплавковые реле просты по конструкции, однако их нельзя применять для контроля загрязненных жидкостей,

так как оседающие на поплавков твердые частицы искажают результаты измерений.

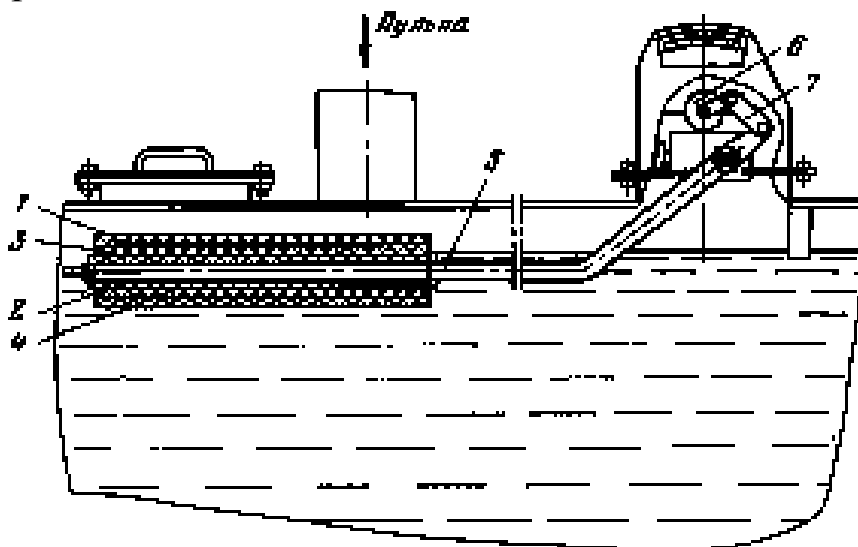


Рис. 5.7. Поплавковый уровнемер

*Пьезометрические уровнемеры* более сложны по конструкции, требуют наблюдения за герметичностью импульсных линий манометрических приборов. Их применяют только при контроле уровней загрязненных жидкостей.

Широко применяются также электродные и частично радиометрические уровнемеры.

#### 5.4. Приборы для определения зольности углей

Наиболее эффективны и широко применяются на практике приборы, основанные на использовании взаимодействия с углем ионизированных излучений, а именно рентгеновских и радиоизотопных. Эти методы обладают следующими достоинствами:

- четкая зависимость показаний от содержания минеральных примесей в угле;
- бесконтактность;
- возможность компенсации возмещающих факторов;
- возможность проведения измерений в потоке без отбора проб.

Определение зольности с помощью этих методов основано на зависимости проникающих или отраженных излучений от атомных номеров элементов, входящих в состав угля.

Плюс рентгеновского метода заключается в возможности использования мягких лучей, позволяющих увеличить чувствительность прибора.

В современных золомерах, использующих источники ионизирующих излучений, реализуются четыре принципиальные схемы измерений или их комбинации (рис. 5.8).

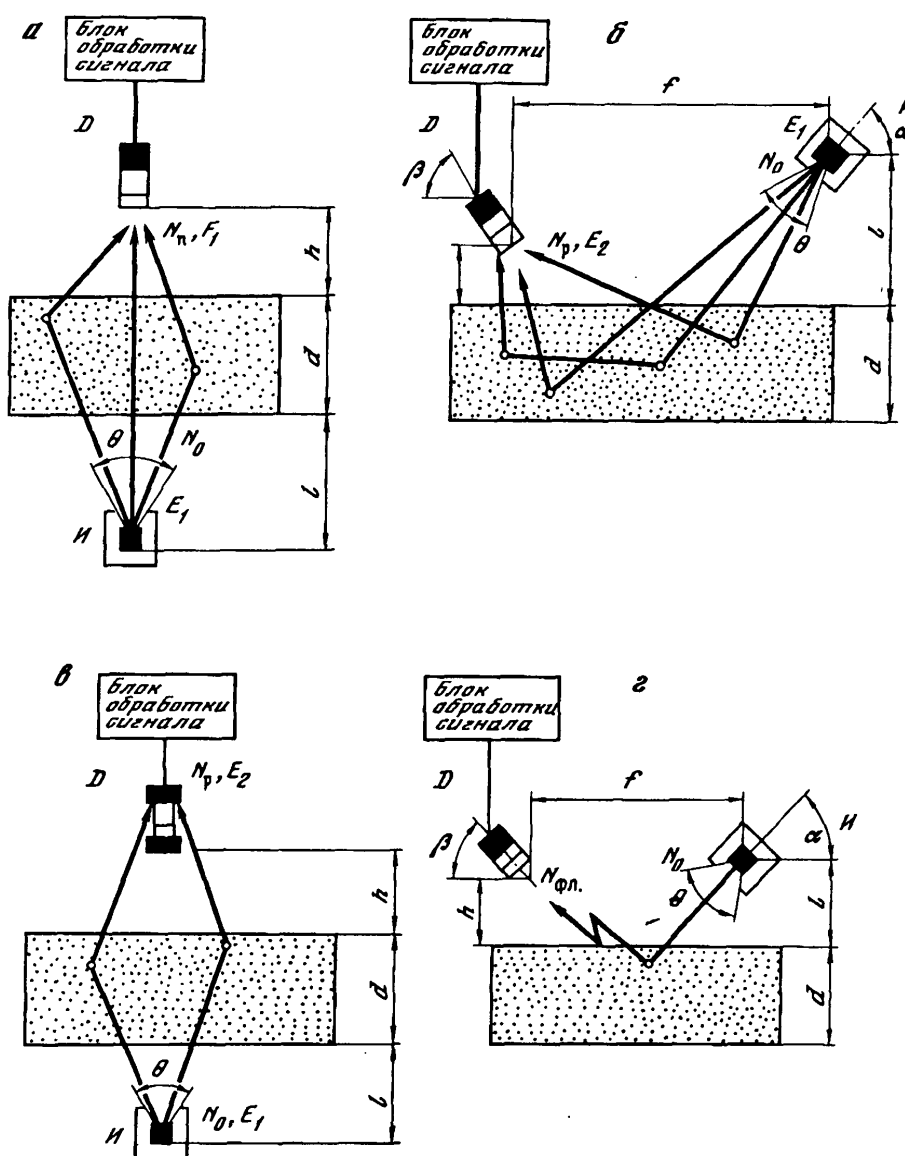


Рис. 5.8. Принципиальные схемы измерения, используемые в радиоизотопных золомерах: а – абсорбционный метод; б – метод обратного рассеяния; в – метод рассеяния вперед; г – рентгенофлуоресцентный метод; И – источник излучения; D – детектор

*Абсорбционный метод* – источник и детектор расположены по разные стороны от пробы. Интенсивность регистрируемого  $\gamma$ -излучения зависит не только от зольности минеральной компонен-

ты, но и от толщины пробы, насыпной плотности и состава минеральной составляющей. Это создает определенные трудности при реализации метода, так как приходится стабилизировать толщину пробы и принимать меры либо к стабилизации плотности, либо к определению этого параметра дополнительными устройствами. По этой схеме работает гамма-абсорбционный золомер РКТ-2.

*Метод однократно и многократно рассеянного гамма-излучения.* Результаты измерения не зависят от изменения толщины слоя угля. Схема однократного обратного рассеяния является очень распространенной из-за ее конструктивных и технологических преимуществ. Однако чувствительность к зольности при ней меньше. Эта схема используется в золомерах РКТП-2М, РКТП-5, а также она применяется при регистрации  $\gamma$ -квантов, испытавших несколько актов рассеяния (РКТП-4).

*Метод рассеяния вперед* – измерения выполняются в процессе рассеяния  $\gamma$ -излучения вперед, для этого перед детектором на пути прошедшего через слой угля излучения ставится экран. При использовании данного метода необходима стабилизация высоты слоя угля, насыпная плотность влияет меньше, чем в абсорбционном способе. Эта схема измерений использована в золомере РКТП-3.

Возбуждение вторичного *флуоресцентного излучения*, используется для определения содержания серы и для коррекции результатов измерения зольности в анализаторах отобранных проб.

Современные конструкции золомеров инвариантны в большей или меньшей степени к изменению геометрических параметров, влажности, плотности и гранулометрического состава. Для достижения этого используются, например, двухзонодовые измерительные системы (золомеры РКТП-5 и РКТП-2М) или двухлучевые. С точки зрения обеспечения максимальной представительности контроля (отношение массы угля, прошедшей через зону контроля, к общей массе потока) и чувствительности к зольности, предпочтительнее разработка золомеров с использованием обратного рассеяния излучения.

### *Приборы для определения зольности в пробах углей*

На многих угольных предприятиях используются золомеры типа ЗАР, предназначенные для определения зольности аналитических проб угля.

Рентгенометрический золомер типа ЗАР применяется для измерения и записи зольности проб угля крупностью 0–0,2 мм и влажности до 3 %. Прибор позволяет за 1,5–2 мин определить зольность угля. Шкала прибора имеет два диапазона: от 4 до 14 % и от 14 до 40 %.

Определение зольности прибором типа ЗАР основано на зависимости между интенсивностью рассеянного пробой рентгеновского излучения и соотношением в угле горючей массы и минеральных примесей. Излучаемые генератором мягкие рентгеновские лучи направляются на пробу угля и образцовый отражатель. Рассеянные от них лучи воспринимаются индикаторами и преобразуются в фототок, напряжение которого пропорционально интенсивности отраженного излучения. Сигналы индикаторов подаются в электронный блок прибора. После преобразования и усиления сигналы направляются в компенсационное устройство, с помощью которого производится балансировка измерительной схемы. Регистрирующим устройством фиксируется значение зольности пробы.

Проба вводится под облучение с помощью подающего устройства, которое состоит из кассеты, куда загружается угольный порошок пробы, и кассетодержателя с тележкой, которая движется по направляющим. Определение зольности по рассеянному рентгеновскому излучению с энергией 5–25 кэВ эффективно по следующим причинам: метод весьма чувствителен (2,2–3 % изменения выходного сигнала на 1 % изменения зольности угля), позволяет использовать флуоресцентное характеристическое излучение некоторых минеральных компонентов для автоматической компенсации погрешностей, вызванных неустойчивостью состава минеральных примесей.

Радиоизотопный концентратомер твердого РКТ-2 разработан ИОТТ и Рижским научно-исследовательским институтом радиоизотопного приборостроения (РНИИРП). Прибор применяется для определения зольности частично обработанных проб. Предел ее определения 5–70 %.

Прибор состоит из трех блоков:

- подготовки проб, где увлажненная проба виброуплотняется перед измерением и удалением ее из кюветы;
- измерительного, где гамма-излучение америция-241 ( $E = 60\text{кэВ}$ ) взаимодействует с пробой; прошедшее через пробу излучение регистрируется и преобразуется в пропорциональный электрический сигнал;
- вычислительного, где производится обработка сигнала и индикация результата зольности с выходом на цифропечатающее и самопишущее устройство.

Действие прибора основано на использовании зависимости величины ослабления потока мягкого гамма-излучения от содержания минеральных примесей. Время анализа пробы 6 мин.

Проба угля крупностью менее 3 мм массой около 0,6 кг перед измерением виброуплотняется, а промежутки между частицами заполняются водой, для которой величина линейного коэффициента ослабления энергии гамма-излучения такая же, как и для угольного вещества. Использование воды позволяет определять зольность в пробах угля влажностью до 25 % без сушки и измельчения, а также снижать погрешность определения, связанную с непостоянством формы и объема воздушных промежутков между частицами пробы.

Результаты испытаний прибора на углях различных бассейнов дают основания сделать следующие выводы:

- прибор позволяет оперативно решать вопросы технологического контроля рядовых углей, продуктов обогащения и товарной продукции;
- влияние изменения содержания тяжелых элементов (железа и кальция) в минеральной части угля на погрешность измерения позволяет применять прибор в условиях относительного постоянства содержания в золе этих элементов.

Время определения зольности прибором не более 2 мин, полная продолжительность цикла контроля, включая виброподготовку, – около 6 мин.

Предельная погрешность определений зольности прибором при доверительной вероятности 95 % составляет: абсолютная  $\pm 0,5\%$  при  $A^d = 10\%$  и менее, а при большей зольности – относительная  $\pm 6\%$ , но не более 1,5 % абсолютной.

### *Приборы для определения зольности углей в потоке*

Действие ряда приборов контроля зольности угля в потоке основано на зависимости интенсивности гамма- или рентгеновского излучения, рассеянного углем, от содержания минеральных примесей.

*Прибор РКТП-1* предназначен для определения зольности углей крупностью до 300 мм на конвейерной ленте в течение 20–360 с. Диапазон определения зольности 5–50 %. Метод определения основан на зависимости между эффективным атомным номером элементов, входящих в состав угля, и характеристикой энергетического распределения рассеянного углем гамма-излучения. На уголь направляется излучение изотопа цезия-137. Рассеянное углем излучение регистрируется сцинтилляционным блоком, а из усиленного в блоке обработки сигнала выделяются три энергетических диапазона спектра, которые поступают в счетно-решающий блок. Результаты приборного определения зольности угля, прошедшего по ленте за определенное время (от 1 до 6 мин), выводятся на цифровой индикатор и записываются на диаграммной ленте самопишущего прибора КСП-4. На месте измерения под конвейерной лентой устанавливается блок гамма-источника и устройство детектирования, а в служебных помещениях – вычислительное устройство, пульт управления и регистрирующие приборы. Вычислительное устройство коммутируется с устройством измерения высоты слоя угля на ленте и отключается, если она меньше слоя насыщения.

Прибор может быть использован и для определения зольности угля в железнодорожных вагонах.

*Прибор РКТП-2* – радиоизотопный концентратомер твердого в потоке, предназначен для непрерывного определения зольности угля крупностью до 100 мм на ленточном конвейере в течение 1–10<sup>4</sup> с. Работа этого прибора основана на использовании зависимости плотности потока обратно рассеянного углем гамма-излучения от зольности.

Прибор состоит из трех блоков: измерительного, вычислительного и пульта управления с цифропечатающим устройством. Источник излучения америций-241 и сцинтилляционный детектор, регистрирующий рассеянное углем излучение, входящие в измерительный блок приборы устанавливаются над потоком угля на конвейере.

Датчик прибора шарнирно закрепляется над потоком угля на конвейере. Впереди него находится формирующее устройство в виде ролика с ребордами, который прижимается к потоку, сглаживая и уплотняя его.

Для обеспечения необходимой высоты слоя в зоне определения над лентой устанавливают ограничители ширины. Контролируемый уголь облучается от основного и компенсационного источников. Интенсивность рассеянного гамма-излучения, обратно пропорциональная зольности угля, фиксируется сцинтилляционным детектором. В зависимости от частоты формирования электрических импульсов на цифровых индикаторных лампах вычислительного блока по истечении времени определения (от 1 с до 2,5 ч) появляется результат измерения зольности (в процентах). Кроме того, сигнал с вычислительного блока поступает на самопишущий электронный потенциометр и на цифропечатающее устройство, фиксирующее номер, время и результат измерения. Предусмотрено автоматическое прерывание измерения при уменьшении высоты слоя угля в зоне измерения ниже допустимого предела.

Диапазон определения зольности 4–40 %. Предельная погрешность контроля зольности угля прибором составляет: абсолютная 1 % при  $A^d = 10$  % и менее, относительная 10 % (абсолютная не более 2 %) при  $A^d > 10$  %, абсолютная 3 % при  $A^d > 25$  %.

*Прибор РКТП-3* – радиоизотопный концентратомер твердого в потоке, предназначен для непрерывного определения зольности угля на ленте конвейера. Определения производятся в сформированном на ленте конвейера потоке угля. Поток формируется благодаря ограничителям ширины потока – кускам прорезиненной ленты, закрепленным на бортах конвейера, разравнивающему лемеху и куску ленты, прижатому к потоку с помощью груза.

В месте прохождения сформированного потока под лентой 1 (рис. 5.9) устанавливают контейнер-коллиматор с источником излучения, в качестве которого использован америций-241. Датчик устанавливают над лентой на расстоянии более 10 см над максимальным по высоте слоем угля. При этом в счетчики-датчики попадают лишь гамма-кванты, рассеянные вперед (на рис. 5.9 стрелками показаны направления прямых и рассеянных вперед гамма-квантов). Представительность анализа обеспечивается тем, что око-



ло 60 % объема проходящего по конвейеру угля контролируется излучением.

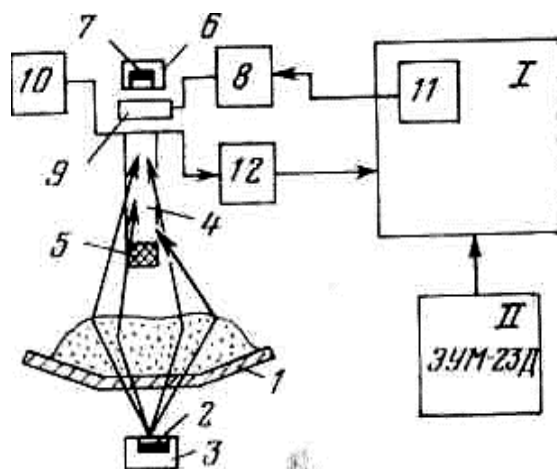


Рис. 5.9. Структурная схема РКТП-3:

- 1 – блок вычислительный; II – ЭУМ-23Д; 1 – конвейерная лента; 2 – источник излучения; 3 – контейнер-коллиматор; 4 – газоразрядные счетчики; 5 – пробки; 6 – контейнер-коллиматор; 7 – контрольный источник; 8 – электромагнитный провод; 9 – шторка; 10 – блок питания счетчиков; 11 – базы управления; 12 – формирователь импульсов

При включении прибора на привод перекрытия шторки подается сигнал, под действием которого пучок излучения от контрольного источника открывается и на детектор попадает рассеянное вперед гамма-излучение и гамма-излучение от контрольного источника. На формирователь импульсов поступают импульсы напряжения, средняя частота которых зависит от зольности угля на конвейере и активности источника. Затем блок управления выдает сигнал и пучок излучения от контрольного источника перекрывается, на детектор попадает лишь рассеянное вперед гамма-излучение. С выхода детектора в вычислительное устройство поступают импульсы, средняя частота которых уменьшается с увеличением зольности в контролируемом объеме угля.

Полный цикл измерения составляет 1,5 мин. Результат четырех определений делится на четыре и выдается через 6 мин в виде окончательного результата определения зольности. Выдача результата может быть отрегулирована на время, кратное 6 мин. Результат выдается на цифровое табло и цифропечатающее устройство. Прибор применяется при влажности угля до 10 % и в диапазоне зольностей от 3 до 50 %.

Рентгеновский анализатор мелкого угля типа РАМ (рис. 5.10) предназначен для непрерывного измерения и записи зольности и массовой доли влаги угля крупностью до 13 мм в потоке на ленточном конвейере. Зольность измеряется косвенным методом по принципу сравнения интенсивности потоков рентгеновских лучей, рассеянных углем и эталонным отражателем. Влажность угля определяется на основании измерения полной проводимости емкостного датчика, контактирующего с потоком угля. Прибор позволяет определить зольность в диапазоне 3–40 %, а массовую долю влаги от 3 до 20 %.

Метрологические данные прибора: среднее квадратическое расхождение между результатами лабораторного анализа и показаниями прибора при измерении зольности 0,35 %, а при измерении массовой доли влаги – 0,5 %.

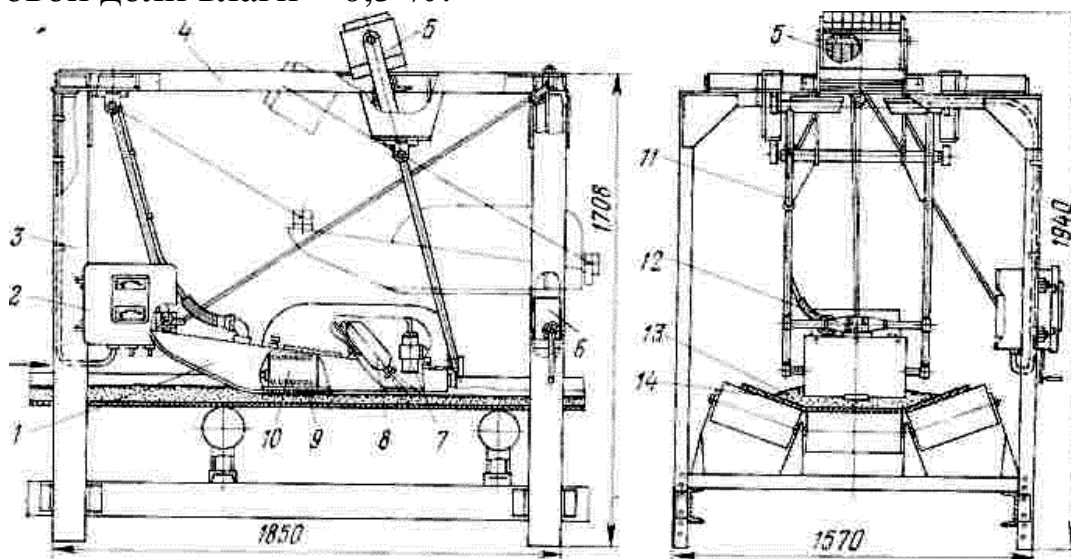


Рис. 5.10. Рентгенометрический анализатор мелкого угля РАМ-1М:  
1 – блок датчиков; 2 – блок управления; 3 – опора; 4 – рама; 5 – противовес;  
6 – подъемный механизм; 7 – детектор излучения; 8 – генератор излучения;  
9 – датчик влагомера; 10 – электронный блок; 11 – подвеска; 12 – шаровой шарнир; 13 – анализируемый поток угля; 14 – ленточный конвейер

Блок датчиков анализатора с помощью системы подвески с постоянным усилием прилегает к потоку угля на ленточном конвейере. Полоса из нержавеющей стали в днище этого блока формирует дорожку для измерения зольности. В эту же полосу вмонтирован электрод, который вместе с основанием является датчиком влагомера. Блок датчиков кабелем соединен с блоком управления, а последний – с выносными приборами, фиксирующими зольность

угля. При наладочных работах для перемещения датчика пользуются подъемным механизмом.

В схеме прибора имеются две системы, с помощью которых автоматически корректируются измерения для ослабления взаимного влияния содержания влаги и зольности.

Прибор типа РАМ может быть применен и для оценки качества угля крупностью более 13 мм. Для этого производится предварительный отбор и частичная обработка проб (дробление до 13 мм). Затем на профилированном потоке сечением 100×180 мм осуществляется измерение. Это дает возможность оперативно получать информацию о зольности угля, но результат отягощен погрешностями отбора и обработки проб.

Трудоемкой задачей является привязка датчиков к технологическим процессам. Системы привязки приборов должны отвечать двум основным требованиям:

- при любых изменениях параметров технологических процессов они должны обеспечивать прибору необходимые условия измерения;
- их установка не должна сказываться на протекании технологических процессов.

При использовании одностороннего расположения детектора и источника относительно поверхности угля измерительный блок может устанавливаться под или над лентой конвейера (рис. 5.11).

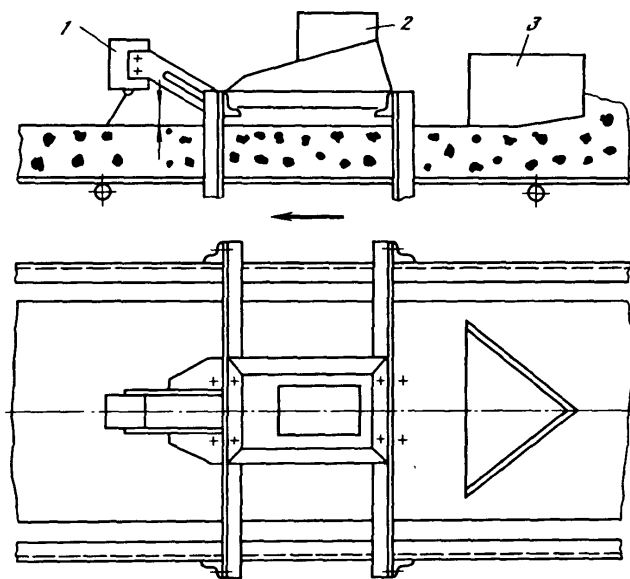


Рис. 5.11. Жесткая привязка измерительного блока золомера к ставу конвейера: 1 – индукторное устройство высоты слоя; 2 – измерительный блок золомера; 3 – выравнивающее устройство плужкового типа

На рис. 5.12 показан вариант жесткой привязки прибора в течке, на перепаде конвейеров. Его преимущество состоит в том, что он позволяет обеспечить необходимую стабильную минимальную высоту слоя.

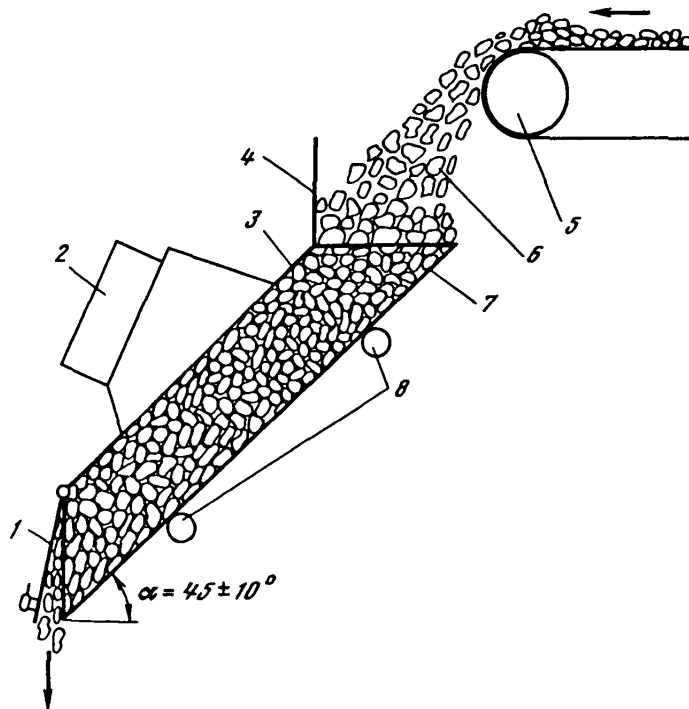


Рис. 5.12. Система привязки измерительного блока золомера к течке конвейеров: 1 – подвижная дверка; 2 – измерительный блок; 3 – сглаживающая пластина; 4 – ограничитель высоты потока; 5 – конвейер; 6 – уголь; 7 – рассекатель потока; 8 – опоры рассекателя

Золомеры устанавливаются также на боковых стенках бункеров, течек и других устройств.

Если жесткое крепление элементов датчика не отвечает методическим требованиям, должна применяться плавающая система привязки, обеспечивающая постоянное расстояние от элементов датчика до угля.

На рис. 5.13 показан вариант привязки, когда датчик прибора помещается на подвижной платформе, которая, опираясь на поверхность угля и следуя за изменениями нагрузки, совершает колебательные движения. Платформа подвешивается над потоком на шарнирном параллелограмме, а впереди платформы устанавливается опирающаяся на уголь и сглаживающая его поверхность лыжи, ширина ее равна ширине платформы. Угол наклона лыжи по отношению к горизонтальной плоскости выбирается равным углу естественного откоса данного угля, что позволяет минимизировать

налипание угля на лыжу, изготовленную из износостойких сортов стали или футерованную износостойким материалом.

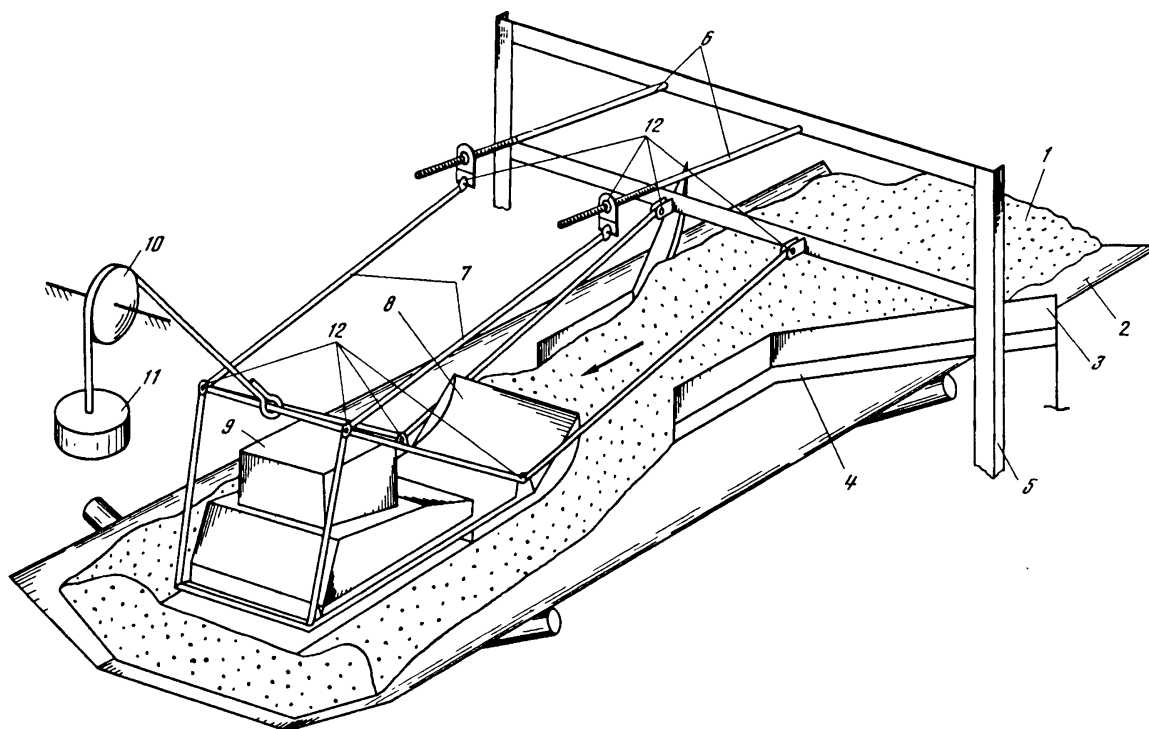


Рис. 5.13. Шарнирно-рычажная подвеска измерительного блока золомера:  
 1 – уголь; 2 – конвейерная лента; 3 – ворота; 4 – футеровочная резина;  
 5 – несущая рама; 6 – шпильки с резьбой для регулирования;  
 7 – штанга подвеса; 8 – лыжа; 9 – измерительный блок золомера;  
 10 – шкив для троса контргруза; 11 – контргруз; 12 – шарнирные соединения

## 5.5. Приборы для определения влажности углей

Для автоматического определения массовой доли общей влаги в угле применяются электрические и электрофизические методы. Электрические методы основаны на прямом измерении электрических характеристик угля (удельное сопротивление, диэлектрическая проницаемость и др.), которые зависят от содержания в нем влаги.

К электрофизическим методам относятся нейтронный и ядерного магнитного резонанса (ЯМР), а также диффузионного инфракрасного отражения. Метод ЯМР, как и нейтронный метод, чувствителен к нестабильности содержания атомов водорода в материале. Из-за сложности и громоздкости аппаратуры эти методы в угольной промышленности не применяются.

Преимущество электрических методов определения влажности по сравнению с традиционными методами сушки проб состоит в том, что они являются оперативными. Если для определения влажности методом сушки требуется не менее 1 ч (экспресс-методом – до 0,5 ч), то с помощью электрических измерительных приборов получают результат в течение одной или нескольких минут; автоматические приборы дают непрерывную информацию о содержании общей влаги.

Основное направление в создании влагомеров угля – использование диэлькометрического метода измерения влажности. Метод основан на измерении полного сопротивления датчика вместе с контролируемым материалом. Он является наиболее быстродействующим из всех физических методов определений массовой доли общей влаги и создает предпосылки для управления этим показателем в процессах обезвоживания на углеобогачительных фабриках. Влагомеры, основанные на этом методе, просты по конструкции и достаточно надежны в эксплуатации.

УкрНИИУглеобогащением разработан и внедрен на многих углеобогачительных фабриках автоматический конвейерный влагомер ВАК, который предназначен для непрерывного определения и записи значений влажности угля крупностью не более 13 мм в технологических или специально сформированных потоках (рис. 5.14). Действие прибора основано на измерении диэлектрических свойств угля, проходящего в электромагнитном высокочастотном поле датчика емкостного типа.

В комплект прибора входят датчик, выполненный в виде полной лыжи с системой шарнирной подвески его над ленточным конвейером, и регистрирующий автоматический потенциометр КСПЗ с записью показаний на дисковой диаграмме.

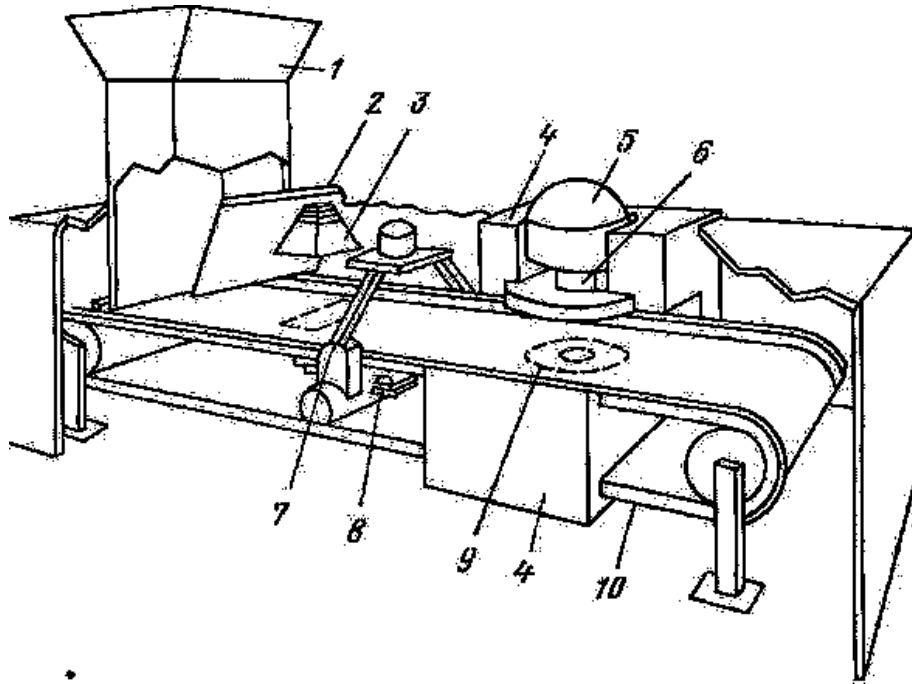


Рис. 5.14. Анализатор «Конак»:

- 1 – загрузочная воронка; 2 – заслонка; 3 – микроволновой влагомер;  
 4 – защита от нейтронов; 5 – преобразователь; 6 – детектор гамма-излучений;  
 7 – датчик массы; 8 – тахометр; 9 – отражатель нейтронов;  
 10 – конвейерная лента

При увеличении содержания влаги возрастает диэлектрическая проницаемость и активная проводимость угля. Эти параметры воспринимаются датчиком. Корпус датчика изготавливается из нержавеющей стали в виде лыжи. Воспринимающий элемент первичного преобразователя представляет собой электрический конденсатор, образованный днищем лыжи и рабочим электродом, встроенным в днище корпуса на изоляторе. Корпус датчика и головка подвески соединены между собой тягами, образуя шарнирный параллелограмм для перемещения датчика при изменении высоты слоя угля на ленте конвейера. При отсутствии угля на ленте корпус датчика фиксируется упором в нижнем положении на высоте 30 мм над лентой, предотвращая возможность ее повреждения. Прибор измеряет массовую долю влаги в углях в диапазоне 3–16 %. При этом высота слоя угля на конвейерной ленте должна быть 50–400 мм, а температура угля (после сушки) не более 80 °С. Среднее квадратическое отклонение расхождений показаний прибора и определений влаги лабораторным методом по СТ СЭВ 751–77 составляет 0,35–0,4 %.

В комплекте влагомера имеется контрольное устройство, которое может быть подключено к электродам датчика и содержит набор переключаемых эталонных емкостей и резисторов, имитирующих разную влажность угля. Контрольное устройство используется для поверки шкалы влагомера при его выпуске и в процессе эксплуатации. Прибор имеет надежную измерительную схему, выполненную на транзисторах.

Практическое применение влагомера на ряде фабрик позволило вести непрерывный контроль влажности и управлять процессом сушки.

Метод диффузионного инфракрасного отражения – бесконтактный и не требует отбора проб. При этом способе определения влажности уголь на конвейерной ленте облучается монохромометрическим пучком света и измеряется интенсивность рассеянного отраженного излучения.

При применении этого метода в основном определяется внешняя влага, так как проникающая способность инфракрасного излучения очень низкая – при длине волны 1,94 мм ее проникающая способность через водную пленку не превышает 0,3 мм. Поэтому нужно знать соотношение между внешней и общей влагой. В отличие от емкостного и кондуктометрического методов результаты определений не подвержены влиянию состава минеральных примесей.

В настоящее время наиболее распространены методы определения влажности, основанные на использовании электромагнитного излучения сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона (микроволновые влагомеры).

Имеется два больших класса СВЧ-влагомеров. Один из них использует прохождение электромагнитных волн через слой угля, другой – отражение от поверхности.

Недостатки влагомеров, в основе работы которых лежит метод отражения:

- необходимость тщательного выравнивания поверхности угля;
- ограничения по крупности контролируемого продукта классом 0–13 мм;
- снижение чувствительности при влажности угля более 13 %;
- недостаточная представительность контроля.

На углеобогатительных фабриках для определения влажности угля в потоке используются также приборы, основанные на приме-



нении высокочастотного метода (ВЧ), например ВАК. Предназначен для непрерывного определения значений влажности угля крупностью не более 13 мм в технологических или специально сформированных потоках. Прибор измеряет массовую долю влаги в углях в диапазоне 3–16 %, при этом высота слоя угля на конвейерной ленте должна быть 50–400 мм, а температура угля после сушки не более 80 °С. Сущность его заключается в измерении емкости конденсаторного датчика, входящего в состав колебательного контура. Под воздействием контролируемого материала на конденсаторный датчик изменяются эквивалентные емкости и активное сопротивление колебательного контура, а следовательно, и резонансная частота колебательного контура, которая и является информационным признаком при измерении влажности данным методом. Недостатком данного прибора является контактный с анализируемым материалом тип датчика.

Для технологических потоков угля разработан СВЧ-влажномер ВУС-2М, принцип работы которого основан на поглощении СВЧ-электромагнитного излучения. Опыт показывает, что влагомеры данного типа в меньшей степени, чем другие приборы, подвержены влиянию таких мешающих факторов, как изменение зольности, минерализация воды, гранулометрический состав угля. Вместе с тем, изменение толщины контролируемого слоя угля влияет на ослабление электромагнитного излучения наравне с влажностью. Для исключения влияния этого фактора в настоящее время применяется стабилизация высоты слоя.

Литература 1, 6, 7, 8.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1. Весовой учет исходного материала на железнодорожных весах.*
- 2. Непрерывное взвешивание на ленточных конвейерах.*
- 3. Назовите способы контроля расхода пульпы.*
- 4. Схема пьезометрического плотномера.*
- 5. Приборы для определения зольности углей.*
- 6. Методы определения влажности углей.*
- 7. Поплавковый уровнемер.*

## **6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

### **6.1. Функции и задачи системы технического контроля на обогатительных фабриках**

Одним из важнейших подразделений углеобогатительной фабрики является отдел технического контроля (ОТК), который осуществляет контроль количества и качества исходного сырья и продуктов обогащения.

Количественному контролю подлежит рядовой уголь, который поступает на фабрику, товарные продукты, отгружаемые потребителям, а при необходимости и некоторые промежуточные продукты технологического процесса. Наиболее надежным способом контроля количества является взвешивание всего материала, который контролируется. Для этой цели используют железнодорожные, конвейерные весоизмерительные системы.

Качественный контроль осуществляют в основном опробованием выходных, отгруженных и промежуточных продуктов.

Опробование рядового угля производят с целью определения их качественных показателей, необходимых для расчета с поставщиками и исследования угля как объекта обогащения. Определяют следующие показатели качества угля: зольность, массовые доли влаги, минеральные примеси серы, ситовый и фракционный анализы.

Опробование конечных продуктов обогащения выполняют для установления соответствия их качества техническим условиям и для расчета с поставщиками.

Контроль качества промежуточных продуктов на обогатительных фабриках производится с целью наладки, управления технологическим процессом и обеспечения выпуска продукции нужного качества.

Обогатительная фабрика может реализовывать угольную продукцию только после приема ее отделом технического контроля. На продукцию должен быть оформлен документ, удостоверяющий соответствие ее установленным требованиям.

Система технического контроля (объекты контроля, контрольные операции и их последовательность, техническое оснащение, режимы, методы, средства механизации и автоматизации контроль-

ных операций) является неотъемлемой частью производственного процесса, разрабатывается одновременно с разработкой технологии производства.

Главной задачей системы контроля качества является предотвращение выпуска обогатительной фабрикой угольной продукции, не соответствующей требованиям стандартов, технических условий или временных норм.

#### *Функции контроля*

1. Проверка поступающего на фабрику исходного угля, подготовка заключений о соответствии его качества стандартам и техническим условиям.
2. Контроль качества товарного концентрата, который отгружается потребителям.
3. Контроль качества товарного промпродукта.
4. Отбор проб для контроля технологических процессов.

Технологический (текущий) контроль предназначен для поддержания оптимальных режимов обогащения рядового угля, что обеспечивает выпуск конечных продуктов необходимого качества.

Поскольку за качество готовой продукции отвечает цеховой персонал, текущий контроль также осуществляется ими. На практике это способствует улучшению качества концентрата и снижению потерь горючей массы с отходами.

При выборе точек опробования и контроля нужно учитывать возможность установки автоматических приборов и устройств и удобного доступа к ним. Контролируваться должны только показатели, определяющие эффективность процесса, а если параметры взаимосвязаны, то контролируется только один из них.

Объем контроля на обогатительных фабриках определяется технологической схемой, периодичностью и точностью определения необходимых показателей.

По данным текущего контроля обеспечивается необходимый режим процесса и работы оборудования, при котором выпускаются продукты необходимого качества. Если показатели превышают допустимые пределы, это означает, что процесс требует наладки. Поэтому, хорошо налаженный контроль показателей качества продук-

тов и их отклонения по ходу процесса позволяет своевременно принимать меры по его регулированию.

Схема испытания на фабрике зависит от принятой технологии обогащения, компоновки оборудования, способов доставки рядового угля и схем отгрузки товарных продуктов обогащения.

В табл. 6.1 приведены продукты технологического контроля и оперативного управления процессами на углеобогатительных фабриках.

Таблица 6.1

## Перечень угольных продуктов, подлежащих испытанию

Продукты обогащения	ГОСТ на отбор и подготовку проб	Показатели, подлежащие определению
Рядовой уголь, поступающий из шахт и разрезов	10742–71 1916–75 2093–82 4790–2017	Зольность $A^d$ , % Влажность $W^r$ , % Содержание серы $S_t^d$ , % Содержание минеральных примесей и мелочи Гранулометрический состав Фракционный состав
Шихта рядовых углей перед классификацией	10742–71 (из потока)	Зольность $A^d$ , % Влажность $W^r$ , %
Тяжелосреднее обогащение: тяжелосредняя суспензия  концентрат	–  10742–71 (из потока)	Плотность суспензии на входе и выходе сепаратора Зольность $A_k^d$ , %
Отсадка: концентрат  отходы	10742–71 (из потока) 4790–2017 10742–71 (из потока) 4790–2017	Зольность $A_k^d$ , %  Фракционный состав Зольность $A_o^d$ , %  Фракционный состав
Флотация: исходная пульпа  пульпа отходов флотации концентрат	–  – 10742–71 (из потока)	Плотность Зольность твердого $A_u^d$ , % Расход Зольность $A^d$ , % Зольность $A^d$ , %

Продолжение таблицы 6.1

Продукты обогащения	ГОСТ на отбор и подготовку проб	Показатели, подлежащие определению
Сгущение: исходная пульпа	–	Расход Плотность
оборотная вода	–	Концентрация твердого, г/л
Сушка: концентрат	–	Содержание влаги $W_c^r$ , %
Концентрат, отгружаемый потребителям	10742–71	Зольность $A^d$ , % Влажность $W_k^r$ , % Содержание серы $S_t^d$ , %
Промпродукт, отгружаемый потребителям	10742–71	Зольность $A^d$ , % Влажность $W^r$ , %
Отходы, направляемые в отвал	10742–71 4790–2017	Зольность $A^d$ , % Фракционный состав

Примечание 1. Общая сера  $S_t^d$ , содержание минеральных примесей и мелочи определяют лишь в случаях, когда это предусмотрено техническими условиями для продукции обогатительной фабрики.

Примечание 2. В случае если не хватает информации относительно качества угля или отсутствует возможность испытания угля каждой отдельной шахты, испытывают шихту рядового угля.

## 6.2. Технологический контроль процесса грохочения

В технологическом процессе обогащения угля грохочение играет различную роль. Соответственно изменяются требования к выходным характеристикам готовых продуктов и технологический контроль этой операции.

Основное назначение предварительного грохочения отделить крупные куски рядового угля для последующего дробления его; подготовительного грохочения – получить машинные классы, соответствующие требованиям процессов, в которых будет производиться их обогащение; окончательного обогащения – подготовить товарную продукцию по крупности в соответствии с техническими требованиями стандартов по видам потребления. Кроме того, грохочение применяется для обезвоживания продуктов мокрого обогащения. При обогащении угля в тяжелых средах эта операция совмещается с отделением суспензии и отмывкой поверхности материала от остатков утяжелителя.

При предварительном грохочении верхний предел крупности обогащаемого угля обычно обуславливается конструктивными особенностями разгрузочных устройств обогатительных машин. При подготовительном грохочении стремятся к тому, чтобы нижний предел крупности угля, направляемого на отсадку, был не ниже 0,5 мм. Особенно жесткие требования к подготовке угля по нижнему пределу крупности предъявляет обогащение его в тяжелосредних сепараторах: содержание мелочи не должно превышать 10 % (в том числе класса 0–1 мм – 2 %).

Общими при оценке процессов грохочения являются два ведущих показателя – производительность и эффективность разделения угля по крупности. Эффективность характеризует полноту разделения угля по крупности, заданной размером отверстий сита.

Эффективность грохочения может быть рассчитана с учетом засорения надрешетного продукта нижним классом (зернами размером менее отверстий сита) и подрешетного продукта верхним классом (зернами размером более отверстий сита).

В этом случае для определения эффективности отбираются пробы от исходного материала и продуктов грохочения, пробы рассеиваются на контрольном сите с диаметром отверстий таким же, как отверстия сита, установленного на грохоте.

Эффективность грохочения определяется по формуле

$$E = \frac{100 \cdot (a - b) \cdot (c - a)}{(c - b) \cdot (100 - a) \cdot a} \cdot 100, \% \quad (6.1)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – содержимое нижнего класса соответственно в исходном угле, надрешетном и подрешетном продуктах, %.

В случаях, когда засорения подрешетного продукта не имеет практического значения, вполне приемлемо определение эффективности грохочения по формуле

$$E = \frac{100 \cdot (a - b)}{(100 - b) \cdot a} \cdot 100, \% \quad (6.2)$$

Для пользования формулой достаточно произвести контрольный рассев исходного угля и надрешетного продукта на контрольном сите с отверстиями, равным отверстиям испытуемого грохота.

Технологически наиболее важной является «чистота» продуктов грохочения. Поэтому оперативный контроль процесса производится по содержанию зерен менее крупности разделения в надре-

шетном продукте и зерен более этой крупности в подрешетном продукте.

Определение эффективности грохочения проводят при подборе режима работы грохота, изменении характеристик обогащаемого угля и т. д.

Эффективность грохочения снижается при увеличении нагрузки на грохот. Кроме этого, существует зависимость от ряда других факторов:

1) конструктивные особенности грохота и режим эксплуатации – амплитуда и частота вибраций (качаний, вращения), углы подбрасывания материала и наклона сита, удельная производительность, равномерность подачи и распределения материала, своевременная и эффективная очистка и подтяжка сит; расход, напор и распределение воды (при мокром грохочении);

2) характеристика просеивающей поверхности грохота – конструкция, живое сечение, тип отверстий, крепление и натяжение;

3) свойства угля – его гранулометрическая характеристика, форма зерен, содержание влаги и глинистых включений.

Обслуживающий персонал должен следить за своевременной очисткой и натяжением сит. Для поддержания оптимальных условий работы грохотов нужно регулировать подачу материала. Оптимальные значения параметров устанавливаются в каждом конкретном случае.

### **6.3. Технологический контроль процесса дробления**

Дробление применяют как подготовительную операцию перед обогащением угля (дробление крупных кусков исходного материала) или для раскрытия сростков для обогащения по зольности и сере (дробление промпродукта).

При дроблении крупных кусков угля и промпродукта нельзя допускать переизмельчения и особенно дополнительного образования класса 0–1 мм. При уменьшении крупности угля снижаются производительность обогатительных машин, эффективность разделения и возрастают потери горючей массы с отходами, сложнее и дороже процессы обезвоживания.

Качество дробленого продукта оценивается следующими показателями:

- содержанием избыточных зерен крупностью более требуемого верхнего предела;
- содержанием мелочи при дроблении крупных кусков угля;
- содержанием класса 0–1 мм при дроблении промпродукта.

Эффективность дробления следует определять при изменении сырьевой базы фабрики или технологии обогащения. Отбирают пробы от исходного и дробленного продуктов, рассеивают на сите с соответствующим размером отверстий, а при необходимости – раслаивают.

Эффективность раскрытия зерен промпродукта может быть выражена относительным увеличением выхода концентратной фракции после дробления:

$$\Delta\gamma_{\text{к}} = \frac{\gamma'_{\text{к}} - \gamma_{\text{к}}}{\gamma_{\text{к}}} \cdot 100, \% \quad (6.3)$$

где  $\gamma_{\text{к}}$  и  $\gamma'_{\text{к}}$  – выход концентратной фракции до и после дробления.

Для этого необходимо провести фракционный анализ исходного и раздробленного продуктов. Если дробление промпродукта не обеспечивает раскрытие сростков и увеличения выхода концентрата, то эта операция является излишней.

#### **6.4. Оперативный контроль гравитационных процессов обогащения**

Контроль гравитационных процессов обогащения предусматривает: контроль производительности и плотности питания гравитационных аппаратов, качества продуктов обогащения, плотности и вязкости суспензии, разрыхленности постели отсадочных машин.

Для оперативного контроля работы гравитационного оборудования определяется взаимозасорение продуктов разделения посторонними фракциями, которое сравнивается с допустимыми нормами. Для концентрата коксующихся углей основными являются фракции, плотность которых меньше  $1400\text{--}1500 \text{ кг/м}^3$  и посторонними – фракции больше  $1400\text{--}1500 \text{ кг/м}^3$ , для отходов посторонними являются фракции плотностью менее  $1800 \text{ кг/м}^3$ .

Для контроля работы аппаратов отбираются пробы продуктов обогащения, которые подвергаются ускоренному фракционному анализу (экспресс-анализ) в жидкостях, плотность которых принята



в зависимости от установленного режима обогащения. Концентрат обычно расслаивается в жидкости плотностью 1400 или 1500 кг/м<sup>3</sup>, а порода – 1800 кг/м<sup>3</sup>, промпродукт контролируется в обеих жидкостях. Пробы для экспресс-анализа отбирают с обезвоживающих грохотов (крупные продукты), после багер-зумпфов и при разгрузке из элеваторов (мелкие продукты). Масса проб продуктов обогащения угля должна быть не менее 10 кг для крупных классов и 3–5 кг – для мелких.

Отобранная проба промывается в бачке с сетчатым дном. После этого ее взвешивают во влажном состоянии и расслаивают в контрольной жидкости. При анализе концентрата всплывшая фракция тщательно снимается, затем внутренний бачок с осевшим на сетчатое дно материалом тяжелой фракции вынимается, промывается в чистой воде и взвешивается во влажном состоянии.

При экспресс-анализе отходов взвешивают начальную пробу и фракцию, которая всплыла.

Засорение продуктов посторонними фракциями определяется по формуле:

$$a = \frac{C}{m} \cdot 100 \%, \quad (6.4)$$

где  $m$  – масса начальной пробы, кг;  $C$  – содержание посторонней фракции, кг.

Результаты экспресс-анализа сравниваются с установленными нормами засорения продуктов обогащения и с показателями для каждой машины. В случае необходимости работа аппарата регулируется.

Экспресс-анализ проводится аппаратчиками, обслуживающими процессы.

От продуктов обогащения также отбираются пробы на общий анализ. Отбор может производиться вручную или с помощью пробоотборников. Эти операции осуществляются работниками ОТК.

## 6.5. Технологический контроль процесса отсадки

Эффективность отсадки зависит:

– от характера питания – повышенное содержание тяжелых фракций в угле повышает засорение концентрата; повышенное содержание мелочи, особенно класса 1–0 мм, повышает погрешность

разделения; неравномерность питания во времени и по ширине машины, а также резкие колебания гранулометрического и фракционного составов угля приводят к повышению нестабильности качества концентрата;

– от конструктивных особенностей машины – живого сечения, размера отверстий и угла наклон сит; типа пульсаторов; типа устройств для разгрузки тяжелых продуктов (промпродукта и породы) и автоматизации этой операции;

– от режима обогащения – удельной производительности, давления воздуха, цикла и числа пульсаций, высоты постели и режима разгрузки тяжелых фракций, расхода подрешетной и транспортной воды.

Некоторые из перечисленных факторов управления устанавливаются на длительный период при наладке режима работы машины, другие – регулируются оперативно.

Характеристика исходного угля во многом предопределяет выход и качество продуктов отсадки.

Гранулометрический состав угля, поступающего на отсадку, существенно влияет на ее результаты – при меньшей крупности угля труднее осуществить селективное разделение его по плотности, при этом растут плотность и погрешность разделения, соответственно увеличивается засоренность продуктов посторонними фракциями. Это можно объяснить увеличением концентрации частиц в единице объема постели отсадочной машины и контакта между ними, что повышает вероятность неправильного перемещения их в «чужие» слои. Особенно влияет на процесс повышенное содержание класса менее 1 мм.

Для получения продуктов с минимальной засоренностью следует принимать меньшее значение удельных производительностей.

Оптимальный гидродинамический режим отсадки складывается из сочетания ряда взаимосвязанных факторов: частоты пульсаций, цикла отсадки, давления и расхода сжатого воздуха, расхода подрешетной воды и др.

Гидродинамический режим работы отсадочной машины должен быть подобран так, чтобы полнее использовалась энергия сжатого воздуха при минимальном расходе подрешетной и особенно транспортной воды.

Степень разрыхленности постели регулируется подачей сжатого воздуха и подрешетной воды по отсекам. Фактор оперативного управления – интенсивность разгрузки тяжелых фракций. Разрыхленность постели контролируется деревянным щупом отдельно по отсекам. Высота постели устанавливается при наладке авторегуляторов.

Необходим регулярный осмотр отсадочных решет для их очистки и своевременного ремонта, так как образующиеся в процессе эксплуатации порывы могут служить причиной повышения потерь угля с отходами и засорения промпродукта.

Вместе с автоматическим контролем предполагается текущий технологический контроль, осуществляемый работниками ОТК и аппаратчиками.

### **6.6. Технологический контроль процесса обогащения в тяжелых средах**

При обогащении угля в тяжелой суспензии контролируют гранулометрический состав исходного питания, нагрузку на машину, свойства суспензии, качество полученных продуктов, их выход.

Хорошая классификация угля – одно из главных условий нормальной технологии обогащения в тяжелых средах. В противном случае накопление угольного шлама в суспензии повышает ее вязкость, ухудшает процесс регенерации и снижает качество продуктов.

Для контроля гранулометрического состава пробу исходного питания рассеивают на контрольном сите. При обогащении в тяжелых средах допускается содержание частиц меньше нижней границы крупности – не более 10 %, в частности класса 0–1 мм – не более 2 %.

Для контроля качества продуктов обогащения проводится отбор и анализ проб для определения необходимых показателей качества. Оперативный контроль работы тяжелосредных установок проводят с помощью фракционного экспресс анализа.

#### *Управление процессом тяжелосредного обогащения*

Основными регулирующими параметрами тяжелосредных сепараторов являются нагрузка на сепаратор, плотность и вязкость суспензии.

Удельная нагрузка на 1 м ширины ванны сепаратора при крупности исходного питания более 13 мм составляет 60–85 т/ч. С уменьшением крупности удельная нагрузка снижается, с увеличением – повышается.

Для уменьшения плотности суспензии добавляют воду, для увеличения – сгущенную суспензию или магнетит.

Регулирование вязкости осуществляется отводом большего количества кондиционной суспензии на регенерацию.

При наладке необходимо обеспечить, чтобы высота слива суспензии из сепаратора была 20–30 мм, скорость горизонтального потока должна составлять 1,0–1,2 м/с. Суспензию подают в двух точках: 2/3 через нижний вход для создания восходящего потока и 1/3 через торцевой ввод для транспортировки продукта.

В тяжелосредних гидроциклонах оперативно регулируют: количество исходной пульпы с помощью задвижки; плотность суспензии; диаметр выпускной насадки для тяжелого продукта.

Угол наклона гидроциклона, диаметр сливной насадки, напор пульпы и содержание твердого в питании подбирают в процессе пусконаладочных работ.

### *Контроль свойств суспензии*

Главные свойства, характеризующие суспензию, – плотность, вязкость и устойчивость.

Для определения фактической плотности отбирают пробу от суспензии литровой кружкой и взвешивают. Контроль также осуществляется автоматическими плотномерами (манометрические, весовые, радиоизотопные, типа РПСМ), в комплексе аппаратуры автоматизации тяжелосредних установок предусмотрена регулировка плотности и вязкости суспензии.

Автоматическое регулирование обеспечивает поддержание плотности суспензии в пределах  $\pm 50$  кг/м<sup>3</sup>.

При обогащении в сепараторах с тяжелыми средами необходимо следить за степенью засорения суспензии шламом, так как зашламование суспензии выше нормы приводит к увеличению ее вязкости. Для контроля вязкости суспензии применяют вискозиметры.

В производственных условиях вязкость не определяется, а пользуются косвенным показателем – содержанием шлама в суспензии.

Для контроля и регулирования состава среды пользуются известными значениями минимально допустимого содержания магнетита и максимального содержания шлама в суспензии при различной ее плотности.

Состав суспензии характеризуется массовым или объемным содержанием твердого и в том числе шлама; содержанием твердого в единице объема суспензии.

Для определения содержания твердого в суспензии  $T$  пробу выливают в эмалированный противень, высушивают при температуре 105 °С и взвешивают твердый осадок. Содержание твердого рассчитывают по формуле

$$T = \frac{G_T}{V}, \quad (6.5)$$

где  $G_T$  – масса твердого осадка, кг;  $V$  – объем пробы суспензии, м<sup>3</sup>.

Содержание шлама  $Ш$  и магнетита  $M$  в единице объема суспензии определяется расчетом после магнитного анализа:

$$M = T \cdot \gamma_M, \quad (6.6)$$

где  $\gamma_M$  – выход магнитной фракции, %.

$$Ш = T - M. \quad (6.7)$$

При производственном контроле процесса на действующих тяжелосредних комплексах определяют плотность и содержание твердого в суспензии.

Статическая устойчивость суспензии оценивается по объему осветленного слоя воды при отстаивании 500 мл суспензии плотностью 2000 кг/м<sup>3</sup> в измерительном цилиндре диаметром 50 мм в течение 5 мин. Если за это время осветленный объем для размагниченной суспензии составляет 15–12 %, а для намагниченной – 25–40 %, то магнетит считается пригодным для применения в качестве утяжелителя.

#### *Определение технологических потерь магнетита*

Потери магнетита возрастают при снижении крупности обогащаемого угля и магнетита, живого сечения отверстий сит при отделении суспензии, эффективности работы электромагнитной сепарации.

рации, а также при повышенных концентрациях магнетита в суспензии и питании на грохот.

Для определения технологических потерь магнетита отбирают пробы от продуктов обогащения (на перепадах с грохотов) и отходов регенерации. Пробы от продуктов обогащения отбирают в течение не менее 4 часов отсекателем по всей ширине грохота или совком шириной не менее 2,5 диаметра максимального размера кусков угля в несколько приемов с разных мест на перепаде потока. Пробы аккумулируются в оцинкованной или эмалированной посуде без ржавчины. Затем проба частями массой не более 5–7 кг пересыпается в бачок с сетчатым дном диаметром 300–400 мм. Бачок с пробой по 3–5 раз последовательно опускается в три бака с водой. Налипшие частицы магнетита тщательно смываются водой.

Промывные воды отстаиваются и сливаются, а осадок и обесшламленная проба высушиваются, взвешиваются и подвергаются магнитному анализу.

Потери магнетита с продуктами обогащения рассчитывают по формуле

$$m = \frac{G_1}{G}, \quad (6.8)$$

где  $G$  – масса начальной пробы, т;  $G_1$  – масса магнетита, г.

Расчет потерь с отходами регенерации проводится аналогично.

#### *Контроль процесса регенерации суспензии*

Регенерация обеспечивает улавливание магнетита из разбавленной суспензии и вывода шлама, накопившегося в ней.

При мокрой магнитной сепарации контролируются: производительность сепаратора по объему пульпы; плотность пульпы и ее рабочий уровень в ванне сепаратора; содержание магнитной фракции в продуктах сепарации.

Эффективность работы электромагнитных сепараторов  $E$  определяется по формуле

$$E = \frac{T_{\text{к}}}{T_{\text{исх}}} \cdot 100 \%, \quad (6.9)$$

где  $T_{\text{к}}$  и  $T_{\text{исх}}$  – количество магнитной фракции в концентрате и в исходном питании, т/ч. Эффективность регенерации должна быть не ниже 99,5–99,8 %.

Производительность сепаратора по исходному питанию и концентрату определяют с помощью мерной емкости и секундомера. При наладке сепараторов и периодически в процессе их работы определяют содержание твердого и магнетита в твердом осадке.

Для определения плотности магнетитового концентрата отбирают пробу мерной кружкой и взвешивают.

Для определения содержания твердого пробу отбирают мерной кружкой, высушивают и рассчитывают  $T$ .

Содержание шлама  $Ш$  и магнетита  $M$  рассчитывают после магнитного анализа.

### *Проведение магнитного анализа*

Для этого применяют магнитный анализатор с комбинированным магнитным полем, состоящий из скобы, обмоток постоянного и переменного тока, магнитопроводника и прозрачной трубки.

При работе напряжение подается на обмотки постоянного тока, трубка заполняется водой, и в нее подается исследуемый материал. Под действием постоянного магнитного поля магнитные частицы притягиваются к стенкам трубки, образуя тонкие пряди. Немагнитные частицы уносятся водой через нижнюю часть трубки. Затем подается напряжение на обмотки переменного тока и подается вода для промывки магнитной фракции. Под действием постоянного и переменного полей происходит вибрация магнитных прядей. Немагнитные частицы, попавшие в них, выпадают и уносятся водой из трубки. После отмывания немагнитных частиц вода в трубке становится прозрачной. Затем выключают переменный ток, прекращают подачу воды, выключают постоянный ток и смывают магнитную фракцию в стакан.

После осаждения воду сливают, пробу высушивают и взвешивают. Содержание магнитной фракции рассчитывают по формуле

$$\gamma_M = \frac{G_M}{G} \cdot 100 \%, \quad (6.10)$$

где  $G$  – масса начальной пробы, г;  $G_M$  – масса высушенной магнитной фракции, г.

### *Регулирование процесса регенерации*

Для эффективной регенерации необходимо обеспечить заданные параметры тока в электромагнитной системе и нагрузку на сепаратор.

При колебаниях объема исходного питания более 5 % необходима установка расходомеров перед распределительным устройством и установка резервных сепараторов.

Оптимальный уровень пульпы в ванне устанавливается в процессе наладки, а при работе только контролируется.

В ходе наладки электромагнитных сепараторов подбирают диаметр насадки на выпуске отходов.

## **6.7. Технологический контроль процесса флотации**

На процесс флотации оказывают влияние технологические факторы: расход пульпы (по объему и содержанию твердого в единицу времени), флотационные свойства разделяемых минералов, гранулометрическая характеристика исходного материала, плотность пульпы, зольность, степень аэрации, реагентный режим, продолжительность флотации, уровень пульпы в камерах флотомашин и др. Контроль процесса флотации заключается в проверке соответствия перечисленных факторов заданному технологическому режиму.

При контроле основных параметров, в первую очередь, учитывается подготовка шламов к флотации – гранулометрический состав исходной пульпы. Наличие частиц более 0,5 мм и высокое содержание частиц менее 0,1 мм существенно влияют на процесс. Гранулометрический состав шлама, поступающего на флотацию, определяется периодически 2–3 раза в месяц.

Для определения содержания класса +0,5 мм проводится мокрый ситовой экспресс-анализ. Пробу в литровой кружке взвешивают с точностью до 1 г. Затем выливают на сито с отверстиями 0,5 мм и проводят рассев, промывая водой. Надрешетный продукт переносят обратно в кружку, доливают воду до 1 л и взвешивают. Выход класса +0,5 мм определяют по формуле

$$\gamma_{+0,5} = \frac{T_1}{T} \cdot 100 \%, \quad (6.11)$$

где  $T$  и  $T_1$  – соответственно масса пульпы до и после просеивания.



Для определения содержания илистых частиц мокрый рассев проводится на сите с соответствующим размером отверстий, подсетный продукт высушивается и взвешивается.

Содержание твердого в пульпе (плотность пульпы) определяется по массе высушенного твердого осадка (работниками ОТК). Для оперативного определения плотности аппаратчики взвешивают литровую кружку с пульпой, затем по специально составленной таблице находят содержание твердого в зависимости от массы 1 л пульпы.

Расход пульпы определяется с помощью мерной емкости и секундомера. По времени заполнения емкости рассчитывается расход:

$$Q = 3,6 \cdot \frac{V}{t} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.12)$$

где  $V$  – объем мерной емкости, л;  $t$  – время заполнения, с.

Для непрерывного измерения расхода пульпы и расхода флотореагентов применяются расходомеры, для определения плотности пульпы – плотномеры.

Уровень пульпы в камерах контролируется с помощью поплавковых и других датчиков.

После ремонта машины следует проверять скорость вращения импеллера (могут быть ослаблены натяжения приводных ремней) и аэрационные зазоры (могут увеличиваться по мере износа).

Реагентный режим определяется и отрабатывается предварительными лабораторными исследованиями, а в процессе работы устанавливается место подачи и расход реагентов.

Дозирование реагентов осуществляется с помощью питателей различных типов. Для подготовки пульпы перед флотацией используют различные аппараты типа АКП и др.

Для контроля качества концентрата и отходов отбираются пробы на общий анализ. Отбор проб флотоконцентрата осуществляется на ленточных конвейерах, где транспортируется осадок вакуум-фильтров. Жидкие флотоотходы отбирают в разгрузочном кармане или в трубопроводе. Отбор осуществляется с помощью пробоотборника типа ПЩ или вручную литровой кружкой при пересечении всей ширины потока.

Для автоматизации флотационных и фильтрующих отделений углеобогатительных фабрик применяются комплексы аппаратуры, которые должны обеспечивать:

- автоматическую стабилизацию заданных удельных расходов реагентов;
- стабилизацию плотности и расхода пульпы;
- автоматическое регулирование уровня пульпы в ванне вакуум-фильтра и его производительности;
- автоматическое согласование производительностей отделений флотации и фильтрации;
- автоматическую сигнализацию о режимах работы технологического оборудования.

### *Регулирование процесса флотации*

Наладка флотации является длительным процессом. Поэтому не следует допускать частых остановок и пусков флотомашин в течение смены.

Оперативно регулируют:

- реагентный режим – расходом и дозировкой реагентов в разные точки;
- при изменении нагрузки соответственно меняют расход реагентов;
- нагрузка на флотацию – задвижкой на трубопроводе;
- сьем пены – уровнем пульпы в камерах с помощью шиберов на переливных карманах;
- расход воздуха.

### **6.8. Технологический контроль процессов сгущения, обезвоживания и сушки**

При исследовании работы отдельных аппаратов водно-шламовой схемы опробование проводят в заданном режиме в течение одной смены. Если необходима характеристика всей схемы (с учетом изменения производительности аппаратов и режимов их работы), то испытания проводят в течение трех смен и отдельно исследуют каждую пробу.

Число точечных проб для каждого продукта должно быть не меньше 32. Места отбора проб должны обеспечивать пересечение всего потока и безопасность обслуживания.

В результате устанавливают выход продуктов, содержание твердого в них и гранулометрический состав, производительность аппаратов.

При текущем контроле опробуют:

- слив и сгущенный продукт гидроциклонов, пирамидальных отстойников, радиальных сгустителей; подрешетный продукт обезвоживающих грохотов; фильтрат вакуум-фильтров – для определения содержания твердого в продуктах;

- фугат центрифуг, фильтрат вакуум-фильтров – для определения избыточных частиц;

- обезвоженный продукт центрифуг, обезвоживающих грохотов, элеваторов, вакуум-фильтров – для определения влаги.

Для управления процессами обязательному опробованию подвергаются:

- фильтрат вакуум-фильтров и слив сгустителей (оборотная вода);

- питание флотации;

- обезвоженный продукт центрифуг и вакуум-фильтров.

Остальные продукты контролируются по мере необходимости или периодически (один раз в декаду, месяц).

Наиболее распространенный способ определения содержания твердого в продуктах – по массе пульпы.

Для определения чистоты фильтрата и выявления порывов ткани периодически проверяют содержание избыточных частиц. Для этого пробу фильтрата отбирают мерной кружкой, рассеивают на контрольном сите с диаметром отверстий 0,2 мм. Надрешетный продукт взвешивают и находят содержание (%) частиц более 0,2 мм в фильтрате вакуум-фильтров. Также периодически контролируются фугаты на содержание частиц +0,5 мм для фильтрующих центрифуг и +0,06 мм для осадительных. Повышение содержания избыточных зерен свидетельствует об износе поверхностей или перегрузке центрифуги по твердому.

Производительность вакуум-фильтров по обезвоженному продукту чаще всего определяется с использованием жестяного лотка, входящего между двумя дисками, по массе осадка, отдуваемого от двух секторов. Производительность определяется по формуле

$$Q = 0,06 \cdot a \cdot b \cdot n \cdot m \cdot \frac{100 - W_t^r}{100}, \text{ т/ч}, \quad (6.13)$$

где  $a$  – число дисков фильтра;  $b$  – число секторов в диске;  $n$  – частота вращения дисков,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $m$  – средняя масса пробы с одного сектора, кг;  $W_t^r$  – влажность осадка, %.

Если концентрат отгружается без сушки, для определения влажности и зольности отбирается часовая проба концентрата. Если концентрат сушится, то для определения зольности отбирается сменная проба кека, а влажность измеряют 2–3 раза в смену.

Отбор осуществляется с помощью пробоотборников типа ПМ, установленных на конвейерах, или вручную.

Содержание влаги в обезвоженных продуктах контролируется автоматическим конвейерным влагомером ВАК.

В процессе фильтрации непрерывно контролируется вакуум фильтрации и просушки – вакуумметрами, давление отдувки – манометрами.

При сушке мелких и флотоконцентратов контролируются влажность и зольность высушенных продуктов, а также производительность сушильных агрегатов по количеству влаги, которая испарилась.

Периодически контролируют озоление при сушке – сравнивается зольность в продуктах до сушки и после. Озоление не должно превышать 0,2–0,4 %.

Сушильные установки оборудуются приборами теплотехнического контроля и автоматическими регуляторами для поддержания необходимых параметров процесса. В топках измеряют разрежение, давление в зонах дутья под решетками; температура топочных газов и воды из панелей топок; в системе газоочистки и разгрузочных камерах – температура газов и разрежение по тракту; давление и температура газов за дымососом.

Для этого используют термодары; термометры сопротивления; манометрические реле температуры; газоанализаторы; напорометры; дифманометры; датчики.

Для контроля влаги в высушенном продукте устанавливаются конвейерные влагомеры типа ВАК или ПВ.

Регулирование процессов.

Для интенсификации процессов осветления шламовых вод используют полимерные флокулянты на основе полиакриламида, коагулянты и др.

В радиальных сгустителях удельная нагрузка не должна превышать  $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$ ; при использовании флокулянтов нагрузку можно увеличить в 2–2,5 раза.

При наладке гидроциклонов подбирается диаметр выпускного отверстия для сгущенного продукта. Чем больше диаметр, тем меньше плотность сгущенного продукта; при уменьшении диаметра увеличивается выход слива и крупность частиц в нем.

Литература 1, 6, 7, 8, 11, 12.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1. Функции и задачи системы технического контроля на обогатительных фабриках.*
- 2. Технологический контроль процесса грохочения.*
- 3. Оперативный контроль гравитационных процессов обогащения.*
- 4. Как производится управление процессом тяжелосреднего обогащения?*
- 5. Какие технологические факторы влияют на процесс флотации?*
- 6. Какие продукты опробуют при текущем контроле процессов обезвоживания?*

## **7. ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ СЫРЬЯ И ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ**

### **7.1. Правила приемки твердого топлива по качеству**

В соответствии с ГОСТ 1137–64 приемку твердого топлива по качеству проводят в местах погрузки топлива у грузоотправителя приемочным аппаратом. На предприятиях, где нет приемочного аппарата, отправку топлива потребителю производят только после приемки его отделом технического контроля предприятия-грузоотправителя. Приемка топлива осуществляется по данным предварительного контроля, наружного осмотра и на основании его опробования.

Предварительный контроль должно осуществлять каждое предприятие до предъявления топлива к приемке. Ожидаемое качество топлива устанавливают путем контроля за соблюдением технологического процесса на предприятии или путем отбора и анализа часовых или бункерных проб готовой продукции. На ряде предприятий, оснащенных приборами для измерения зольности, предварительный контроль производят в промышленных потоках топлива, либо по результатам измерения зольности лабораторных проб, приготовленных из объединенных проб, отобранных от партий отгружаемого топлива.

Наружный осмотр топлива проводят в железнодорожных вагонах в процессе погрузки и по ее окончании, на складах хранения, на конвейерах и в шахтных вагонетках, грузовых автомобилях и в других транспортных средствах, которыми топливо поставляется потребителям.

Если предъявленное к приемке топливо по результатам предварительного контроля или наружного осмотра не вызывает сомнений в его соответствии установленным нормам показателей качества, то от него отбирают объединенную пробу, по результатам анализа которой производится расчет за качество топлива между грузоотправителем и потребителем.

Принятым к отправке считается топливо, от которого отобрана объединенная проба по ГОСТ 10742–71, оформленная удостоверением.

От топлива, вызывающего сомнение в соответствии указанного класса крупности и размера кусков, а также предельным нормам содержания мелочи и минеральных примесей, отбирают контрольные пробы для механического испытания согласно ГОСТ 1916–75.

От топлива, вызывающего сомнение в его соответствии установленным предельным нормам зольности, массовой доли влаги, серы, теплоты сгорания, отбирают контрольные пробы для анализа.

Контрольные пробы отбирают от единовременно отгружаемой партии топлива. В отдельных случаях контрольные пробы могут быть отобраны из отдельных вагонов. Постановка отдельных вагонов на контроль не может служить основанием для задержки отправки остальных вагонов партии. До получения результатов испытания контрольных проб взятое на контроль топливо к отправке не допускается.

На основании результатов контрольных проб определяется соответствие топлива установленным показателям качества. Если анализ контрольных проб подтвердит соответствие качества топлива установленным нормам, то топливо отгружают потребителям, а контрольные пробы считают расчетными. Для лабораторных испытаний из товарной пробы приготавливают два экземпляра лабораторной пробы, из которых один немедленно отсылают в лабораторию грузоотправителя, а второй хранят в качестве арбитражной пробы. Третий экземпляр лабораторной пробы приготавливают и высылают потребителю, если это обусловлено договором о поставке или письменным требованием потребителя.

Анализы, характеризующие качество отгруженного потребителям топлива, в лаборатории грузоотправителя производят немедленно после получения пробы.

Арбитражные пробы хранят в специальном помещении в течение 2 месяцев с момента отбора пробы. Грузоотправитель и приемочный аппарат или инспекция несут полную ответственность за сохранность арбитражных проб.

На каждую отгруженную потребителям партию топлива грузоотправитель в течение 24 ч с момента окончания отбора пробы обязан составить и выслать потребителю удостоверение о качестве топлива, в котором должны быть указаны номера вагонов, наименование предприятия, марка, класс угля, зольность, массовые доли влаги, серы и другие показатели, предусмотренные нормативно-

технической документацией, а также номер стандарта, по которому отгружено топливо.

Пробы, отобранные от отгруженного потребителям топлива, в лабораториях должны подвергаться анализу по всем показателям качества, предусмотренным стандартами, техническими условиями или временными нормами.

В случае сомнений в правильности результатов анализов основного экземпляра пробы, проанализированного в лаборатории грузоотправителя, потребителю предоставлено право требовать анализа арбитражной пробы в лаборатории, выбранной по согласованию между грузоотправителем и потребителем. Результаты арбитражного анализа являются окончательными и обязательными для обеих сторон. Грузоотправитель немедленно по получении результатов арбитражного анализа обязан сообщить их всем потребителям, получившим топливо, характеризующееся этой пробой.

Потребитель имеет право произвести контрольное опробование качества поступившего угля с обязательным вызовом представителя поставщика для рассмотрения спорных вопросов.

При опробовании качества угля у потребителя стандартные расхождения по показателям между данными поставщика и потребителя не должны превышать погрешности, установленные в ГОСТ 10742–71 (п. 1.3).

#### *Контроль качества топлива, находящегося на складе*

Качество топлива, находящегося на складе, определяется расчетным путем с учетом массы и качества топлива, первоначально находящегося на складе, поступившего на склад и отгруженного со склада.

Качество топлива, направляемого на склад и поднимаемого со склада, определяют путем опробования (отбора, подготовки и анализа проб) или измерения показателей качества приборами в потоках топлива, вагонах, вагонетках, автомобилях и т. п.

Отбор проб должен производиться в соответствии с требованиями, предусмотренными ГОСТ 10742–71.

При отборе проб из потока складированного топлива, когда заранее неизвестна ориентировочная масса топлива, направляемого на склад, интервал времени, через который должны отбираться точечные пробы, вычисляют по формулам для каменных углей



$$t = 1000 \cdot 60 / (n \cdot Q), \quad (7.1)$$

для бурых углей и горючих сланцев

$$t = 2500 \cdot 60 / (n \cdot Q), \quad (7.2)$$

где  $t$  – интервал времени между отбором точечных проб, мин;  $n$  – число точечных проб, отбираемых согласно ГОСТ 10742–71 от партии 1000 т для каменных углей и 2500 т для бурых углей и сланцев;  $Q$  – производительность по опробуемому потоку, т/ч.

В этом случае все точечные пробы, отобранные за сутки (смену), рассматриваются как объединенная проба, которая подвергается обработке и анализу.

Для отбора проб должны применяться пробоотборники, отвечающие требованиям ГОСТ 10742–71.

В тех случаях, когда невозможно произвести отбор проб от складываемого топлива методами, предусмотренными ГОСТом, допускается отбор проб непосредственно из складов топлива.

Результаты определения качества по пробам, отобраным со склада, не могут использоваться при расчетах за качество топлива.

Объединенные пробы отбирают от разных слоев топлива, находящегося на складе. Для этого по мере загрузки склада, но не более чем через каждые 4 м высоты, поверхность топлива разравнивают и ей придают форму прямоугольника. От каждого слоя отбирают объединенную пробу, которую подвергают обработке и анализу.

Масса и минимальное число точечных проб, отбираемых в объединенную пробу от каждого слоя, зависит от вида топлива, массы, находящейся в опробуемом слое.

Подлежащие отбору в объединенную пробу точечные пробы равномерно распределяют по всей поверхности опробуемого слоя топлива на складе. Для этого измеряют длину и ширину верхнего основания слоя и вычисляют его площадь. Условно разбивают всю поверхность опробуемого слоя на одинаковые по площади прямоугольники, число которых должно быть не менее минимального числа точечных проб, подлежащих отбору в объединенную пробу от слоя топлива.

Точечные пробы отбирают в центре каждого прямоугольника со дна лунок, выкопанных на глубину не менее 0,4 м. Топливо берут без выбора, включая в точечную пробу уголь (сланец), сростки и породу.

Отбор проб оформляют актом.

Подготовку лабораторных и аналитических проб проводят по ГОСТ 10742–71.

Зольность топлива  $A_c$  (%), находящегося в данный момент на складе, при опробовании подаваемого на склад и отгружаемого со склада топлива определяется по формуле

$$A_c = (G_0 \cdot A_0^d + (G_1 \cdot A_1^d - G_2 \cdot A_2^d)) / G_c, \quad (7.3)$$

где  $A_0^d$  – зольность остатка топлива от предыдущего периода, %;  $A_1^d$  – зольность поданного на склад топлива, %;  $A_2^d$  – зольность отгруженного со склада топлива, %;  $G_0, G_1, G_2, G_c$  – масса соответственно остатка топлива по предыдущему учету, поданного на склад, отгруженного со склада и находящегося на складе в данный момент, т.

Зольность в целом по складу в случае отбора проб от отдельных слоев топлива рассчитывается по формуле

$$A_c = (P_1 \cdot A_1^d + P_2 \cdot A_2^d + \dots + P_n \cdot A_n^d) / (P_1 + P_2 + P_n), \quad (7.4)$$

где  $A_1^d, A_2^d, A_n^d$  – зольность отдельных слоев топлива, %;  $P_1, P_2, P_n$  – масса отдельных слоев топлива, т.

## 7.2. 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).

*Метод определения погрешности отбора проб от отдельных партий топлива, качество которого неизвестно*

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.

Проведение испытания

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 количество 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.

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

$$R_L = g_1 P_1 \quad (7.5)$$

$$R_U = g_2 P_2 \quad (7.6),$$

где  $g_1$  и  $g_2$  – коэффициенты, определяемые по табл. 7,1;  $P_1$  – принятая погрешность, %.

Таблица 7.1

Значения коэффициентов  $g_1$  и  $g_2$ 

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

Оценка результатов испытания.

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 %.

Фактическую погрешность можно определить расчетным путем.

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

$$S = \sqrt{\left(G - \frac{M^2}{n}\right) \frac{1}{n(n-1)}}, \quad (7.7)$$

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. 7.2 при  $f = n - 1$ .

Таблица 7.2

$f$	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  $P = \pm t \cdot S$ ;

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

*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 10742-71.

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. 7.3.

Таблица 7.3

Погрешность $P_I, \%$	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. 7.4 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 7.4

$D: \bar{d}$	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  $P_I = 0,25$ , то по табл. 5 находят значение  $D = 0,77$ .

Литература 14, 16.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1. Правила приемки твердого топлива по качеству.*
- 2. В каких случаях используют Методы определения погрешности опробования?*
- 3. В каких случаях используют дубликатный метод определения погрешности опробования и в чем он заключается?*
- 4. Как определяют необходимое число точечных проб методом многократного отбора проб?*

## 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ И ТОВАРНЫЙ 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 углеобогадательной 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 количеством продуктов обогащения, полученных за этот период.

Различают два баланса продуктов обогащения: технологический и товарный.

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

Технологический баланс составляется ежесменно, является основой рапорта о работе смены и используется:

- для оперативного контроля технологического процесса (проверки выхода концентрата и степени извлечения горючей массы);
- оценки работы смены, отдельных технологических комплексов (углеприема, сушки, погрузки и др.) по качеству и количеству полученных продуктов;
- сравнения результатов работы отдельных смен и составления суточного баланса.

*Сменный технологический баланс* является исходным документом для составления суточного, декадного, месячного и годового технологических балансов.

Для составления сменного технологического баланса необходимо иметь следующие данные:

- масса переработанного за смену угля;
- зольность и содержание влаги в среднесменной пробе рядового угля;
- масса полученных за смену продуктов обогащения;
- зольность и содержание влаги в среднесменных пробах продуктов обогащения.



Определить массу продуктов обогащения, полученных за смену, возможно, если известна масса продуктов обогащения в бункерах на начало и конец смены, масса продуктов обогащения, загруженных в течение смены в погрузочные бункера, масса породы, выданной за смену в отвал.

Масса продуктов обогащения, находящихся в бункерах на начало и конец смены, устанавливается путем снятия остатков в бункерах в начале и конце смены. Масса продуктов обогащения, перегруженных за смену в погрузочные бункера, и масса перегруженной за смену породы, определяется по показаниям конвейерных весов. При отсутствии конвейерных весов или их поломке для определения массы полученных за смену продуктов необходимо располагать данными о массе продуктов обогащения в погрузочных бункерах и породы в породном бункере на начало и конец смены, массе отгруженных за смену продуктов обогащения и массе вывезенной в отвал породы. При необходимости расчетным путем устанавливается масса выпущенных за смену флотационных хвостов. Для этого требуются данные по среднемесячной производительности флотационной установки и результаты среднесменных анализов на зольность в пробах питания и продуктов флотации. Чтобы массу полученных продуктов можно было сопоставить с массой рядового угля, их приводят к массе данного продукта при влажности его, равной влажности рядового угля.

Относительно технологических балансов следует отметить точность их получения. Расчетные показатели обладают случайной погрешностью, которая зависит от погрешности величин, входящих в расчет. Для снижения погрешностей принимают следующие меры:

- увеличивают частоту отбора проб;
- используют для анализа более крупные навески;
- повышают точность анализа путем выполнения параллельных анализов и использования средних;
- используют дополнительную информацию.

При составлении технологического баланса отмечаются небольшие расхождения между массой продуктов, полученных при обогащении, и массой переработанных углей, а также между средневзвешенной зольностью продуктов обогащения и зольностью рядового угля.

При значительных расхождениях причину следует искать: в неправильной организации опробования и разделки проб, ошибках при анализах; неточности определения остатков продуктов обогащения и угля; неточности взвешивания продуктов обогащения и рядового угля.

*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. Для составления товарного баланса необходимо иметь данные:

- о массе (объеме) и качестве полученных фабрикой в течение месяца рядовых углей;
- массе и качестве полученных за месяц продуктов обогащения;
- массе рядового угля и продуктов обогащения, имевшихся в начале и конце месяца на складах и в бункерах.

Масса и качество полученных фабрикой рядовых углей и продуктов обогащения определяются по данным весового учета и удостоверений товарно-расчетных проб на принятый фабрикой рядовой уголь и отгруженные продукты обогащения. Масса рядового угля и продуктов обогащения, находящихся на складах и в бункерах в начале и конце месяца, устанавливается по данным маркшейдерских замеров.

Отличие товарного баланса от технологического заключается в том, что первый учитывает потери ископаемого на разных стадиях обогащения. Разрыв между обоими балансами может произойти вследствие неточности опробования и ошибок при определении влаги исходного материала и продуктов обогащения.

Основное назначение товарного баланса – контроль производства с целью устранения возможных потерь ценных компонентов и определения показателей работы фабрики. Товарный баланс служит для определения извлечения полезного компонента, для финансовых расчетов между обогатительной фабрикой, поставщиками сырья и потребителями готовой продукции.

Месячный товарный баланс на углеобогатительных 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.

При правильно организованном опробовании, точном определении массы, зольности и влажности рядовых углей и продуктов обогащения результативные качественно-количественные показатели должны балансироваться.

Литература 6, 9, 20.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1. Что называется балансом продуктов обогащения?*
- 2. Какие данные необходимо иметь для составления сменного технологического баланса?*
- 3. По каким данным составляется товарный баланс?*
- 4. В чем отличие технологического и товарного балансов?*

## 9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОПРОБОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ АНАЛИЗОВ

### *Техника безопасности при отборе и обработке проб*

Работники ОТК, как и все работники ОФ, обязаны выполнять «Правила безопасности на предприятиях по обогащению и брикетированию углей (сланцев)».

К работе допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие медицинский осмотр. Лица, принятые на работу, заранее учатся по утвержденной программе приемам работы и технике безопасности. После проверки знаний начальник ОТК делает запись об этом в специальном журнале. Не реже 1 раз в год проводится инструктаж работников по технике безопасности и ликвидации аварий.

В случае неисправности электрические приборы должны немедленно отключаться и для их ремонта работники ОТК должны вызвать дежурного электрика, а не ремонтировать их сами.

Освещенность рабочих мест должна быть:

≥ 50 лк при лампах накаливания;

≥ 150 лк при люминесцентных лампах.

Работать в темноте или при недостаточной освещенности запрещается.

При эксплуатации приборов технического контроля с применением радиоактивных излучений необходимо выставить предупредительные знаки. Уровень в зоне обслуживания механизма не должен превышать 0,028 рад/ч.

Работники ОТК при отборе проб должны быть внимательны к предупредительным сигналам и знать их код, поскольку пуск технологического оборудования фабрики осуществляется дистанционно и автоматически.

Необходимо соблюдать осторожность у движущихся частей машин и механизмов. Нельзя работать при их неисправности. Запрещается заходить за ограждения, просовывать через них руки, чистить и ремонтировать машину на ходу.

При переноске грузов одним человеком масса их не должна превышать: 20 кг – для женщин, 60 кг – для мужчин; 16 кг – для подростков.

Работники ОТК обязаны работать в спецодежде, пользоваться предохранительными и защитными приспособлениями. Перед

началом работы необходимо проверить наличие и исправность индивидуальных средств защиты (резиновые перчатки, рукавицы, очки, изоляционные коврики и т. д.). Все пуговицы на спецодежде должны быть застегнуты, не должно быть развевающихся концов одежды, волосы должны быть заправлены под головной убор.

При работе, связанной с дроблением, рассеиванием, пересыпанием материалов или переливанием ядовитых веществ из одной емкости в другую, следует обязательно пользоваться защитными очками.

Все движущиеся части пробоотборников, проборазделочных машин и других механизмов должны быть ограждены, а заземления исправны. При забивании механизмов углем проталкивание его и чистка на ходу запрещена. Доставка проб вручную должна проводиться по установленному маршруту с соблюдением правил безопасности.

Отбор проб из железнодорожных вагонов можно проводить только при их остановке и в специально отведенных местах, соответственно оборудованных и хорошо освещенных. Отбор проб должны проводить двое рабочих, один из которых находится на вагоне, другой – вне его.

При отборе проб вручную запрещается:

- проводить отбор при маневрах поезда и движении вагона;
- стоять на борту вагона или в вагоне во время погрузки;
- прыгать с вагона на вагон или на площадку железнодорожного полотна;
- перебрасывать мешки с пробой или инструмент для отбора;
- отбирать пробы с движущихся лент, ковшей элеватора или скребковых конвейеров;
- пролезать под вагонами.

Переходить через железнодорожные пути следует только по мостам, туннелям и переходам.

### *Борьба с пылью*

Должны выполняться все меры по борьбе с пылью:

- герметизация оборудования для дробления и грохочения проб;
- вентиляция помещения и его своевременная уборка;
- удаление остатков пробы сразу после обработки.

Уборка угольной пыли с оборудования проводится не реже одного раза в течение смены. Должны проводиться контрольные измерения содержания метана в воздухе. При содержании 2 % и более следует остановить механизмы и проветрить помещение.

### *Пожарная безопасность*

При первых признаках пожара следует сообщить о нем руководству и приступить к его ликвидации всеми средствами, которые имеются.

Для тушения угольной пыли на горизонтальной поверхности очаг пожара нужно окружить валиком из песка или сырого угля, смочить сверху, пользуясь пожарным стволом-распылителем или огнетушителем, до полной ликвидации горения.

Жидкости или электроприборы можно гасить только сухим песком, инертной пылью или углекислотным огнетушителем.

На рабочих местах должны быть установлены ящики с песком, закрытые плотной крышкой. Поверх песка должны находиться совки или лопаты.

### *Меры безопасности при производстве фракционного анализа*

Помещение, где ведутся работы с тяжелыми жидкостями, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечены проточной водой, иметь сток для отходов и случайно пролитых жидкостей.

При работе с хлористым цинком запрещается:

- пользоваться кусками  $ZnCl_2$  и его растворами без защитных очков, резиновых перчаток, фартука и сапог;
- брать без перчаток уголь, смоченный раствором  $ZnCl_2$ ;
- оставлять открытыми емкости с кусками или раствором  $ZnCl_2$ ;
- промывать уголь, смоченный раствором  $ZnCl_2$ , сильной струей воды, чтобы избежать образования брызг.

Если раствор попал на кожу, немедленно промыть пораженное место теплой водой и слабым раствором соды.

Тяжелые жидкости обладают опасными свойствами для человека.

Бензол физиологически очень активный. При больших концентрациях пары бензола оказывают вредное действие на центральную нервную систему. Жидкий бензол раздражает кожу.

Четыреххлористый углерод обладает наркотическим действием, поражает внутренние органы, раздражает кожу и слизистые оболочки.

Бромформ на свету разлагается с выделением брома, вдыхание которого приводит к спазмам и заболеванию дыхательных путей, раздражает кожу.

Поэтому при работе с тяжелыми органическими жидкостями необходимо:

- все операции с ними проводить при исправной вентиляции;
- содержание паров жидкостей в воздухе не должен превышать 0,02 мг/л;
- все работы проводить в индивидуальных средствах защиты;
- хранить в посуде с плотно притертыми пробками в вытяжном шкафу или отдельной комнате с приточно-вытяжной вентиляцией;
- при попадании на кожу промыть ее теплой водой и слабым раствором соды;
- после работы тщательно вымыть руки.

Литература 7, 8, 11.

### **Вопросы для самопроверки**

1. *Техника безопасности при отборе и обработке проб.*
2. *Какие меры должны выполняться по борьбе с пылью?*
3. *Пожарная безопасность.*
4. *Меры безопасности при производстве фракционного анализа.*

## Приложение А

## Перечень стандартов на уголь и продукты его переработки

Международные стандарты (ГОСТ)		
1	ГОСТ 1186–2014	Угли каменные. Метод определения пластометрических показателей.
2	ГОСТ 1916–75	Угли бурые, каменные, антрацит, брикеты угольные и сланцы горючие. Методы определения содержания минеральных примесей (породы) и мелочи.
3	ГОСТ 32978-2014	Топливо минеральное твердое. Определение плавкости золы.
4	ГОСТ 2059–95	Топливо минеральное твердое. Методы определения общей серы сжиганием при высокой температуре.
5	ГОСТ 2160–2015	Топливо минеральное твердое. Определение действительной и кажущейся плотности.
6	ГОСТ 3168–93	Топливо минеральное твердое. Методы определения выхода продуктов полукоксования.
7	ГОСТ Р 55660–2013	Топливо минеральное твердое. Определение выхода летучих веществ.
8	ГОСТ 7303–90	Антрацит. Метод определения объемного выхода летучих веществ.
9	ГОСТ 8719–90	Угли бурые, каменные и антрацит. Метод определения гигроскопической влаги.
10	ГОСТ 8858–93	Угли бурые, каменные и антрацит. Методы определения максимальной влагоемкости.
11	ГОСТ 9318–91	Уголь каменный. Метод определения спекающей способности по Рога.
12	ГОСТ 9516–92	Уголь. Метод прямого весового определения влаги в аналитической пробе.
13	ГОСТ 9815–75	Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод отбора пластовых проб
14	ГОСТ Р 55659–2013	Методы петрографического анализа углей. Часть 5. Метод определения показателя отражения витринита с помощью микроскопа
15	ГОСТ 13324–94	Угли каменные. Метод определения дилатометрических показателей в приборе Одибера – Арну.
16	ГОСТ 15489.1–93	Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод определения коэффициента размолоспособности по ВТИ.
17	ГОСТ 15489.2–2018	Угли каменные. Метод определения коэффициента размолоспособности по Хардгроу.
18	ГОСТ 16126–91	Уголь. Метод определения спекаемости по Грейю – Кингу.



Международные стандарты (ГОСТ)		
19	ГОСТ 20330–91	Уголь. Метод определения показателя вспучивания в тигле.
20	ГОСТ Р 58227-2018	Топливо твердое минеральное. Метод определения минерального вещества.
21	ГОСТ 29087–91	Топливо твердое минеральное. Метод определения хлора сжиганием при высокой температуре.
22	ГОСТ 30313–95	Угли каменные и антрациты. (Угли среднего и высокого рангов). Кодификация.
23	ГОСТ 30404–2013	Топливо твердое минеральное. Определение форм серы.
24	ГОСТ 1137–64	Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и брикеты. Правила приемки по качеству.
25	ГОСТ 10742–71	Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний.
26	ГОСТ 2093–82	Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава.
27	ГОСТ 4790–2017	Топливо твердое. Определение и представление показателей фракционного анализа. Общие требования к аппаратуре и методике.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обогащение углей : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело» : в 2 т / В. М. Авдохин. – Том 2 : Технологии. – Москва : Горная книга, 2012. – 475 с. – Текст : непосредственный.

2. Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования. Каталог-справочник / сост. Г. С. Головин, А. С. Малолетнев / под общ. ред. В. М. Щадова. – Москва : «Трек», 2007. – 292 с. – Текст : непосредственный.

3. Современная техника и технологии обогащения российских углей : каталог-справочник / Федер. агентство по энергетике : сост. Л. А. Антипенко [и др.]; под общ. ред. В. М. Щадова. – Кемерово, 2008. – 310 с. – Текст : непосредственный.

4. Козин, В. З. Опробование и контроль технологических процессов обогащения : учебник для вузов / В. З. Козин. – Москва : Недра, 1985. – 294 с. – (Высшее образование). – Текст : непосредственный.

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

6. Козин, В. З. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов : учебник для вузов / В. З. Козин, О. Н. Тихонов. – Москва : Недра, 1990. – 343 с. – (Высшее образование). – Текст : непосредственный.

7. Кипнис, Ш. Ш. Технический контроль на углеобогатительных фабриках / Ш. Ш. Кипнис. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1985. – 244 с. – Текст : непосредственный.

8. Серго, Е. Е. Опробование и контроль технологических процессов обогащения : учеб. пособие для вузов / Е. Е. Серго. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Вища школа, 1979. – 271 с. – Текст : непосредственный.

9. Хан, Г. А. Опробование и контроль технологических процессов обогащения : учебник для вузов / Г. А. Хан. – Москва : Недра, 1979. – 253 с. – Текст : непосредственный.

10. Карпенко, Н. В. Опробование и контроль качества продуктов обогащения руд / Н. В. Карпенко. – Москва : Недра, 1987. – 214 с. – Текст : непосредственный.

11. Филиппов, В. М. Справочник мастера ОТК угольного предприятия / В. М. Филиппов, П. Т. Скляр, Ш. Ш. Кипнис. – Москва : Недра, 1987. – 295 с. – Текст : непосредственный.

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

13. Практикум по обогащению полезных ископаемых : учебное пособие для горных и горнометаллургических специальностей вузов / Н. Г. Бедрань, А. И. Денисенко, Е. Е. Серго ; под общ. ред. Н. Г. Бедраня. – Москва : Недра, 1991. – 525 с. – Текст : непосредственный.

14. ГОСТ 27379–87 (СТ СЭВ 4384-83). Топливо твердое. Методы определения погрешности отбора и подготовки проб. Введ. 01.09.1987. – Москва : Изд-во стандартов, 1987. – 23 с. – Текст : непосредственный.

15. 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. – Текст : непосредственный.

16. ГОСТ 1137–64. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и брикеты. Правила приемки по качеству. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1998. – Текст : непосредственный.

17. ГОСТ 9815–75. Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод отбора пластовых проб. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2008. – Текст : непосредственный.

18. ГОСТ 11223–88. Угли бурые и каменные. Методы отбора проб бурением скважин. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2008. – Текст : непосредственный.

19. ГОСТ 16094–78. Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод отбора эксплуатационных проб. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2008. – Текст : непосредственный.

20. Турченко, В. К. Технология и оборудование для обогащения углей / В. К. Турченко, А. К. Байдал. – Москва : Недра, 1995. – 359 с. – Текст : непосредственный.

21. Клейн, М. С. Опробование и контроль процессов обогащения : учебное пособие для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации 21.05.04.06 «Обогащение полезных ископаемых» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кафедра обогащения полезных ископаемых. – Кемерово : КузГТУ, 2017. – 144 с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91529&type=utchposob:common>. – Текст : непосредственный + электронный.

**Михаил Симхович Клейн  
Татьяна Евгеньевна Вахонина**

**ОПРОБОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ  
ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

**Учебное пособие**

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 28.06..2022. Формат 60×84/16  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman». Уч.-изд. л. 9,1  
Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_\_  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28  
Издательский центр Кузбасского государственного технического  
университета имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4 а