

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

Кафедра обогащения полезных ископаемых

Составитель Т. Е. Вахонина

**НАПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Методические указания к лабораторным работам

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело,
специализации 06 Обогащение полезных ископаемых,
всех форм обучения

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04 Горное дело,
специализации 06 Обогащение полезных ископаемых,
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензент:

Клейн М. С. – доктор технических наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых

Вахонина Татьяна Евгеньевна

Направление комплексного использования минерального сырья : методические указания к лабораторным работам для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации 06 Обогащение полезных ископаемых, всех форм обучения / сост. Т. Е. Вахонина; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2025. – Текст: электронный.

Методические указания содержат рекомендации по выполнению лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2025

© Вахонина Т. Е., составление, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий лабораторный практикум «Направление комплексного использования минерального сырья» предназначен для изучения и овладения методами определения качественных показателей углепродуктов, а также ознакомления с основными современными способами окускования угольной мелочи и приобретения студентами определенных навыков ведения исследовательской работы.

Общие требования

Прежде чем приступить к выполнению лабораторных работ, необходимо пройти инструктаж по технике безопасности, ознакомиться с порядком проведения конкретной лабораторной работы и рабочим местом, получить необходимые материалы и лабораторный инвентарь у учебного мастера или инженера. Лабораторная работа выполняется группой студентов, состоящей из 3-4 человек.

По окончании лабораторной работы необходимо убрать свое рабочее место и сдать лабораторный инвентарь и приступить к обработке и оформлению результатов работы. Отчет должен быть представлен преподавателю для проверки каждым студентом на листах формата А4, шрифт Times New Roman, размер – 14 пт, интервал полуторный, параметры страницы – верхнее 1,5 см; нижнее 2 см, слева 3 см, справа 1 см, вставка номера страницы, размером 10 пт, справа в верхнем углу листа. Образец титульного листа приведен в Приложении 1.

Студент полностью завершил лабораторный практикум, если выполнил лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой, представил все отчеты, объяснил полученные результаты и ответил на контрольные вопросы.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Природные угли – это твердые горючие вещества органического происхождения. Исходным материалом их образования служили преимущественно остатки растений, произрастающих на земле в древнейшие времена, много сотен миллионов лет тому назад. Разнообразная морфология (строение и форма) растительных остатков, а также неодинаковая скорость их химического преобразования привели к высокой степени неоднородности угольного вещества, что и обусловило значительные различия в петрографическом составе и в физико-химических свойствах ископаемых углей. А это, в свою очередь, существенно влияет на качество и выбор рационального направления использования углей.

Качество угля изучается в условиях естественного его залегания, в добытой и отгружаемой товарной продукции, а также при поступлении на углеперерабатывающие и углепотребляющие предприятия.

Методические стандарты устанавливают единые методы контроля качества угля, средства и порядок проведения испытаний. Определение вещественного химического состава и технологических свойств угля производятся по результатам химических реакций, термического и иных воздействий, моделирующих процессы его переработки; совокупность различных показателей и методов их определения объединяются в понятиях: технический, элементный и другие виды анализов.

Все показатели состава и свойств угля и их качественные характеристики имеют условные обозначения в виде буквенных символов, которые могут сопровождаться нижними и верхними буквенными индексами. Номенклатура и условные обозначения основных показателей качества угля, используемых в России стандартизованы.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ И ПЕРЕСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА НА РАЗЛИЧНЫЕ СОСТОЯНИЯ ТОПЛИВА

Цель работы: получить представление и навыки определения качественных показателей углепродуктов: зольности и влажности, а также работа с ГОСТ 27313-2015 ТОПЛИВО ТВЕРДОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ. Обозначение показателей качества и формулы пересчета результатов анализа на различные состояния топлива.

Теоретические положения

Потребительская ценность углей и антрацитов определяется показателями их качества: зольностью, влажностью, сернистостью, удельной теплотой сгорания, выходом летучих веществ, пластометрическими показателями, плотностью, механической прочностью. Методические стандарты устанавливают единые методы контроля качества угля, средства и порядок проведения испытаний.

Все показатели качества обозначают символами с верхними и нижними индексами. Нижний индекс дополняет характеристику соответствующего (выраженного символом) показателя, например, массовой доли влаги угля W : общей W_t , внешней W_{ex} , гидратной W_m и т. п. Верхний индекс указывает состояние угля, к которому относится показатель:

a (индекс *a* – analysis) – аналитическое состояние топлива. Состояние аналитической пробы топлива, влажность которого доведена до равновесного состояния с влажностью воздуха в лабораторном помещении.

Остальные формы выражения результатов анализа являются расчетными, причем пересчет производят на основе зольности и влаги аналитической пробы.

d (индекс *d* – dry) – сухое состояние топлива. Состояние топлива, не содержащего общей влаги.

daf (индекс *daf* – dry ash free) – сухое беззольное состояние топлива. Условное состояние топлива, не содержащего общей влаги и золы.

o (индекс *o* – organic) – органическое состояние топлива или органическая масса топлива. Условное состояние топлива, не содержащего влаги и минеральной массы.

af – влажное беззольное состояние топлива. Условное состояние топлива с влажностью, равной максимальной влагоемкости.

r – рабочее состояние топлива. Состояние топлива с таким содержанием общей влаги и зольностью, с которыми оно добывается, отгружается или используется.

Номенклатура и условные обозначения основных показателей качества угля, используемых в России при разработке классификационных и потребительских стандартов (технических условий), а также при оценке уровня качества и характеристики топлива, приведены в ГОСТ 27313-2015 (ИСО 1170:2013) **ТОПЛИВО ТВЕРДОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ. Обозначение показателей качества и формулы пересчета результатов анализа на различные состояния топлива.**

Состав угля может быть представлен следующей формулой:

$$\underbrace{C + H + O + N + S}_{\text{горючая часть}} + \underbrace{A + W}_{\text{не горючая часть}} = 100 \%$$

В процессе сгорания уголь выделяет тепловую энергию, которая может быть использована для различных целей в промышленности и в быту, поэтому для оценки угля как топлива его условно делят на две составные части – горючую массу, которая представляет собой безводную и беззольную часть угля, выделяющую при сгорании тепло, и не горючую часть, являющуюся балластом топлива.

Минеральные компоненты A являются главной балластной составляющей топлива, входящей в состав остаточного продукта полного сгорания топлива – золы. Она имеет вид сыпучей массы или сплавленных кусков в виде шлака. В состав золы входят как вещества, образующие минеральную часть топлива, так и продукты их разложения и окисления. Количество минеральных компонентов в топливе определяет его *зольность*. Согласно ГОСТ 55661-2013 зольность (A^d) – это отношение (в процентах) массы неорганического остатка (золы), получаемый после полного сгорания угля, к единице массы исследованной пробы угля.

Зольность, или содержание минеральных (не горючих) примесей в угле, является основным показателем, определяющим качество. Минеральные примеси – это в основном нейтральный балласт, в меньшей степени – источник вредных химических элементов, влияющих на технологические характеристики угля, а в теплоэнергетике

и на степень экологического загрязнения. Содержание минеральных примесей зависит только от условий торфонакопления, а значит, может быть различным для углей разных марок.

Различают внутреннюю, связанную с органической частью угля, и внешнюю, слагающую породные прослой, золу. Содержание первой, как правило, незначительное (не более 10 %), но она практически не удаляется при обогащении. Внешняя зола, особенно связанная с малоуглистыми породными прослоями, легко удаляется при всех видах обогащения.

В различных областях промышленности требования к зольности существенно различаются. Концентрат коксующих углей имеет зольность 7–9 %. Зольность отходов обычно более 65 %. Зольность промпродукта составляет 30–35 %.

В практике используется, в основном, два показателя зольности: отнесенные к абсолютно сухому топливу (A^d) и к рабочему его состоянию, т.е. при фактической его влажности (A^r).

Влага W также, как и минеральные компоненты, – балласт, снижающий тепловую ценность топлива и определяющий целесообразность его транспортировки на большие расстояния. На испарение влаги тратится часть теплоты, выделяющейся при сгорании топлива, что уменьшает температурный уровень процесса горения.

Все угли содержат то или иное количество влаги. При этом в зависимости от ее состояния (приуроченности) различают влагу поверхностную (влагу смачивания). Это вода, находящаяся на поверхности кусков и зерен угля. Она легко удаляется путем просушивания на воздухе.

Оставшаяся (после удаления поверхностной) влага характеризует влагосодержание угля, свойственное его вещественному, петрографическому и марочному составу и обозначается как максимальная влагоемкость (W_{\max}).

Свободная влага на поверхности кусков и зерен угля и влага приуроченная к трещинам, пустотам и капиллярам (W_{\max}) в сумме определяют такое понятие, как влага внешняя (W_{ex}). В лаборатории она определяется путем просушивания в сушильных шкафах: при температуре 40 °С — для каменных углей и при 50 °С – для бурых. Влага воздушно-сухого угля, или аналитическая (W^a), в основном представлена адсорбционно-связанной водой. Определяется она по-

средством просушки при температуре 105–110 °С (при ускоренном методе при 160 °С). В сумме эти два вида влаги определяют понятие влага общая (W_t), или рабочая (W_r). Содержание влаги (рабочей и аналитической) зависит, прежде всего, от степени метаморфизма (марочного состава) угля.

Повышенное содержание внешней влаги приводит также к повышенной слипаемости угольной мелочи, слеживаемости и смерзаемости угля.

Оборудование и материалы: три вида продуктов углеобогащения, крупностью 0–5 мм; электронные весы; ступка для измельчения; емкости для сыпучих продуктов 3 шт.; лодочки 6 шт.; мерная ложка для сыпучих продуктов; шпатель; муфельная печь; сито с размером ячеек 0,2 мм; сушильный шкаф; противень или клеенка; линейка деревянная; палочка стеклянная, бюксы стеклянные, 6 шт.; стакан для воды; шприц на 6–8 мл; эксикатор.

Порядок проведения работы

Из лабораторных проб продуктов углеобогащения приготавливают аналитические пробы для анализа. Пробы подсушивают, для чего их высыпают на противень слоем не более 5 мм и помещают в предварительно нагретый до 150–160 °С сушильный шкаф на 15 минут и охлаждают на воздухе. (Лабораторную пробу готовит для занятий инженер кафедры).

Определение зольности аналитической пробы углеродов

Предварительно подготовленную пробу студенты сокращают. Для этого всю пробу высыпают на противень и перемешивают два раза на конус, который затем надавливанием сверху сплющивают. После этого усеченный конус делят на четыре равные части, расчерчивая крестообразно палочкой или шпателем на слое материала. Из любых двух противоположных четвертей отбирают по две мерные ложки каждого углеродов. Поочередно измельчают их в ступке до частиц размером не более 0,2 мм, пропустив измельченный продукт через сито. Из подрешетного продукта отбирают по 2 параллельных навески массой 1 г в предварительно взвешенные лодочки и легким постукиванием добиваются равномерного распределения слоя материала по дну лодочки. Все взвешивания производят с погрешностью не более 0,01 г.

Применяемые лодочки должны быть пронумерованы, прокалены до постоянной массы, и храниться в эксикаторе с осушающим веществом.

Студенты записывают номера лодочек, свои фамилии, дату выполнения работы и отдают лодочки с углепродуктами инженеру кафедры, который ведет озоление. Для этого лодочки с навесками помещают в холодную муфельную печь. Для озоления начальную температуру муфельной печи повышают в течение 30 мин до 500 °С и в течение следующих 30–60 мин до 800–830 °С. По достижении указанной температуры прокаливают в закрытой муфельной печи образовавшийся зольный остаток в течение 1,5 часов. Лодочки с зольным остатком вынимают из муфельной печи, охлаждают на воздухе до комнатной температуры и взвешивают.

Обработка и оформление результатов

Все результаты измерений и расчетов заносят в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Результаты определения зольности продуктов

Номер			Масса лодочки, г			Зольность продукта, A^d , %	Среднее значение зольности каждого продукта, %
опыта	продукта	лодочки	Пустой m_1	с навеской m_2	после сжигания m_3		
...

Зольность аналитической пробы испытуемых углепродуктов (A^d , %) вычисляют по формуле

$$A^d = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (1.1)$$

где m_1 – масса пустой лодочки, г; m_2 – масса лодочки с навеской, г; m_3 – масса лодочки с остатком после сжигания навески, г.

Вычисление результатов производят до второго десятичного знака, окончательные результаты округляют до первого знака. За результат определения принимают среднее арифметическое результатов двух определений, если расхождения не превышают допускаемые.

Определение влажности аналитической пробы углепродуктов

Влагу пробы определяют, как потерю массы после высушивания в сушильном шкафу при соблюдении следующих условий.

В 3 емкости засыпают по две ложки углепродукта. В каждую емкость вводят шприцем от 5 до 20 мл воды (задается преподавателем). Полученную смесь углепродукта и воды тщательно перемешивают, накрывают крышками и оставляют на 15 минут. По истечению заданного времени отбирают в предварительно взвешенные бюксы навески материала массой $(3 \pm 0,1)$ г каждая, взвешивая их на технических весах. Из каждой емкости отбирают по две навески. Бюксы помещают в предварительно нагретый сушильный шкаф и сушат при температуре (160 ± 5) °С в течение 5–10 минут до постоянной величины массы образца.

После окончания сушки бюксы вынимают из сушильного шкафа, охлаждают на металлической или на фарфоровой подставке 5 минут на воздухе, затем в эксикаторе до комнатной температуры, после чего взвешивают.

Обработка и оформление результатов

Результаты опыта заносятся в таблицу 1.2. Влажность материала (W , %) вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_1}{m} \cdot 100, \quad (1.2)$$

где m_1 – потеря массы при сушке навески топлива, г; m – масса навески топлива, г.

Таблица 1.2

Результаты определения влажности углепродуктов

Номер			Масса, г			Потеря массы после сушки m_1 , г	Влажность продукта W , %	$W_{\text{ср}}$, %
опыта	бюкса	продукта	бюкса	продукта до сушки m	продукта после сушки			
...

Вычисление результатов производят до второго десятичного знака, и окончательные результаты округляют до первого десятично-

го знака. За результат определения принимают среднее арифметическое результатов двух определений, если расхождения не превышают допускаемые.

Пересчет качественных показателей на различные состояния топлива

Показатели качества твердого топлива обычно определяют из аналитической пробы, доведенной до воздушно-сухого состояния (аналитическое состояние). Результаты, выраженные на другие состояния топлива, являются расчетными, причем пересчет проводят исходя из зольности, влажности и минеральной массы.

В зависимости от состава и вида топлива различают рабочую, аналитическую, сухую, горючую и органическую массы топлива.

Для твердых топлив применимы все пять масс. О составе топлива на соответствующее состояние судят по индексу элементов.

Множители для пересчета показателей качества топлива на различные состояния согласно ГОСТ 27313-2015 приводятся в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Множители (коэффициенты) для пересчета состава топлив

Исходное состояние топлива	Пересчет на состояние топлива		
	рабочее r	сухое d	сухое беззольное daf
Рабочее r	1	$\frac{100}{100 - W^r}$	$\frac{100}{100 - (A^r + W^r)}$
Сухое d	$\frac{100 - W^r}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^d}$
Сухое беззольное daf	$\frac{100 - (A^r + W^r)}{100}$	$\frac{100 - A^d}{100}$	1

Пересчет показателей топлива с влажностью W_1^r на влажность W_2^r производится умножением исходных составляющих на множитель:

$$k = \frac{100 - W_2^r}{100 - W_1^r}. \quad (1.3)$$

То же самое имеет место при изменении зольности топлива с A_1^d до A_2^d :

$$k = \frac{100 - A_2^d}{100 - A_1^d}. \quad (1.4)$$

Контрольные вопросы:

1. Из чего состоят горючая и негорючая части твердого топлива?
2. Дать определения продуктам обогащения.
3. Дать определение зольности.
4. Назвать виды золы.
5. Как влияет содержание минеральных примесей в угле на его качество?
6. Перечислить и охарактеризовать виды влаги.
7. Как влияет влажность угля на транспортировку, теплоту сгорания, процесс грохочения?
8. В чем отличие рабочей, сухой, аналитической и горючей масс топлива?

Лабораторная работа № 2 КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ

Цель работы: на основе предлагаемых показателей в соответствии с классификацией по генетическим и технологическим параметрам определить класс, категорию, тип, подтип, марку, группу, подгруппу.

Теоретические положения

Многообразие углей по происхождению, свойствам и качеству вызывает потребность их унификации, поэтому создаются различные классификации углей: по вещественному составу, строению, генезису, потреблению и так далее. Наибольшая потребность классифицирования углей связана с разделением их по группам для рационального использования в промышленности и в энергетике.

ГОСТ Р 70207-2022 УГЛИ БУРЫЕ, КАМЕННЫЕ И АНТРАЦИТЫ. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. Настоящий стандарт распространяется на неокисленные бурые, каменные угли и антрациты (далее – угли) в их естественном залегании и устанавливает классификацию углей по видам, маркам, группам и подгруппам на основе наиболее характерных общих признаков, отражающих генетические особенности и основные технологические характеристики углей, объединенных в классы, категории, типы и подтипы. По их совокупности каждый уголь обозначается семизначным кодовым числом:



По технологическим параметрам угли делят на марки, группы и подгруппы и объединяются в 17 технологических марок.

По размеру получаемых в процессе грохочения кусков угли делятся на классы с соответствующим обозначением согласно **ГОСТ Р 59245-2020 Угли бурые, каменные и антрацит. Классификация по размеру кусков**. Настоящий стандарт распространяется на бурые, каменные угли и антрацит (далее – угли) и устанавливает классификацию углей по размеру кусков и условные обозначения классов с указанием марки углей, а также нижнего и верхнего пределов их крупности.

Оборудование и материалы: Раздаточный материал для выполнения лабораторной работы.

Порядок проведения работы

В соответствии с классификацией по генетическим и технологическим параметрам определить класс, категорию, тип, подтип, марку, группу, подгруппу.

По предложенным преподавателем значениям параметров классификации необходимо определить вид, класс, категорию, тип, подтип. По кодовому числу определить марку угля.

Алгоритм установления марки, технологической группы и подгруппы углей в соответствии с ГОСТ Р 70207-2022 (*Приложение 2*):

1. Определение вида угля (бурый, каменный, антрацит)
2. Определение генетических признаков (класс и категория) угля
3. Определение типа и подтипа для разных видов углей
4. Установление кодового числа
5. Определение марки, группы и подгруппы по кодовому числу с помощью классификационных таблиц.

Исходные параметры классификации:

– произвольный показатель отражения витринита $R_{0,r} = 0.33\%$

- сумма фюзинизированных компонентов $\sum OK = 25\%$
- максимальная влагоемкость $W_{max}^{af} = 35\%$
- выход смолы полукоксования $T_{sk}^{daf} = 17\%$

Таблица 2.1

Подразделение ископаемых углей на виды

Вид угля	Произвольный показатель отражения витринита $R_{0,r}$, %	Высшая теплота сгорания на влажное беззольное состояние $Q_{s,v}^{af}$, МДж/кг	Выход летучих веществ на сухое беззольное состояние V^{daf} , %
Бурый уголь	Менее 0,60	Менее 24	-
Каменный уголь	От 0,40 до 2,59 включ.	24 и более	8,0 и более
Антрацит	От 2,20 и более	-	Менее 8,0

Определяем вид угля – бурый.

Таблица 2.2

Подразделение углей на классы

Класс	Произвольный показатель отражения витринита $R_{0,r}$, %	Класс	Произвольный показатель отражения витринита $R_{0,r}$, %
02	От 0,20 до 0,29 вкл.	27	От 2,70 до 2,79 вкл.
03	От 0,30 до 0,39 вкл.	28	От 2,80 до 2,89 вкл.
04	От 0,40 до 0,49 вкл.	29	От 2,90 до 2,99 вкл.
05	От 0,50 до 0,59 вкл.	30	От 3,00 до 3,09 вкл.
06	От 0,60 до 0,69 вкл.	31	От 3,10 до 3,19 вкл.
07	От 0,70 до 0,79 вкл.	32	От 3,20 до 3,29 вкл.
08	От 0,80 до 0,89 вкл.	33	От 3,30 до 3,39 вкл.
09	От 0,90 до 0,99 вкл.	34	От 3,40 до 3,49 вкл.
10	От 1,00 до 1,09 вкл.	35	От 3,50 до 3,59 вкл.
11	От 1,10 до 1,19 вкл.	36	От 3,60 до 3,69 вкл.
12	От 1,20 до 1,29 вкл.	37	От 3,70 до 3,79 вкл.
13	От 1,30 до 1,39 вкл.	38	От 3,80 до 3,89 вкл.
14	От 1,40 до 1,49 вкл.	39	От 3,90 до 3,99 вкл.
15	От 1,50 до 1,59 вкл.	40	От 4,00 до 4,09 вкл.
16	От 1,60 до 1,69 вкл.	41	От 4,10 до 4,19 вкл.
17	От 1,70 до 1,79 вкл.	42	От 4,20 до 4,29 вкл.
18	От 1,80 до 1,89 вкл.	43	От 4,30 до 4,39 вкл.
19	От 1,90 до 1,99 вкл.	44	От 4,40 до 4,49 вкл.
20	От 2,00 до 2,09 вкл.	45	От 4,50 до 4,59 вкл.
21	От 2,10 до 2,19 вкл.	46	От 4,60 до 4,69 вкл.
22	От 2,20 до 2,29 вкл.	47	От 4,70 до 4,79 вкл.
23	От 2,30 до 2,39 вкл.	48	От 4,80 до 4,89 вкл.
24	От 2,40 до 2,49 вкл.	49	От 4,90 до 4,99 вкл.

Класс	Произвольный показатель отражения витринита $R_{o,r}$, %	Класс	Произвольный показатель отражения витринита $R_{o,r}$, %
25	От 2,50 до 2,59 вкл.	50	От 5,00 и более
26	От 2,60 до 2,69 вкл.		

Определяем цифровое обозначение класса – 03.

Таблица 2.3

Подразделение бурых, каменных углей и антрацитов на категории

Категория	Содержание фюзинизированных компонентов на чистый уголь ΣOK , %	Категория	Содержание фюзинизированных компонентов на чистый уголь ΣOK , %
0	Менее 10	4	От 40 до 49 включ.
1	От 10 до 19 включ.	5	От 50 до 59 включ.
2	От 20 до 29 включ.	6	От 60 до 69 включ.
3	От 30 до 39 включ.	7	Более 69

Цифровое обозначение категории углей – 2.

Таблица 2.4

Подразделение бурых углей на типы

Тип	Максимальная влагоемкость на беззольное состояние W_{max}^{af} , %	Тип	Максимальная влагоемкость на беззольное состояние W_{max}^{af} , %
10	Менее 20,0	40	От 40,0 до 49,9 включ.
20	От 20,0 до 29,9 включ.	50	От 50,0 до 59,9 включ.
30	От 30,0 до 39,9 включ.	60	От 60,0 до 69,9 включ.

Цифровое обозначение типа углей – 30.

Таблица 2.5

Подразделение бурых углей на подтипы

Подтип	Выход смолы полукоксования на сухое беззольное состояние T_{sk}^{daf} , %
20	От 20,0 и более
15	От 15,0 до 19,9 включ.
10	От 10,0 до 14,9 включ.
05	Менее 10

Определяем цифровое обозначение подтипа – 15.

Цифровой код для бурого угля: **03 2 30 15**

Таблица 2.6

Определение марки бурого угля

Марка		Группа		Подгруппа		Класс	Категория	Тип	Подтип
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение				
Бурый	Б	Первый бурый	1Б	-	-	02, 03	Все категории	50 и выше	05, 10, 15, 20
		Второй бурый	2Б	Второй бурый витринитовый	2БВ	02, 03, 04	0, 1, 2, 3	30, 40	05, 10, 15, 20
				Второй бурый фюзинитовый	2БФ		4 и выше		05, 10, 15
		Третий бурый	3Б	Третий бурый витринитовый	3БВ	03, 04, 05	0, 1, 2, 3	10, 20	05, 10, 15, 20
				Третий бурый фюзинитовый	3БФ	04, 05	4 и выше		05, 10

Пример: цифровой код для бурого угля: **03 2 30 15**. В соответствии с приведенной таблицей бурый уголь относится: к классу 03, категории 2, типу 30 и подтипу 15. Сочетание этих цифр дает основание причислить этот уголь к марке Б (табл. 2.6), группе – 2Б (второй бурый), подгруппе 2БВ (второй бурый витринитовый).

В соответствии с классификацией по размеру кусков определить класс угля.

По предложенным преподавателем значениям необходимо определить класс угля и записать его условное обозначение в соответствии с ГОСТ Р 59245-2020 (Приложение 2).

Пример: записать условными обозначениями уголь крупностью 50–100 мм.

Ответ: **К**

Контрольные вопросы:

1. Параметры классификации по генетическим параметрам.
2. Что относится к генетическим признакам угля?
3. Какие показатели входят в кодовое число бурых углей?
4. Назначение ГОСТ 70207-2022.

НАЗНАЧЕНИЕ И СПОСОБЫ ОКУСКОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ

Окускование – это превращение мелкозернистых полезных ископаемых в кусковой товарный продукт, имеющий определенную геометрическую форму, размеры и массу за счет механических и термических воздействий с применением специальных добавок или без них. Окускование каменноугольной мелочи – одно из перспективных производств, обеспечивающих высокий потенциал топливно-энергетического комплекса, металлургии черных и цветных металлов, утилизации шламов добычи и переработки угля и т. д. Окускованное топливо, в зависимости от назначения, должно удовлетворять следующим требованиям:

- быть экологически чистым при сгорании (отсутствие дыма, оксидов серы, и других вредных выбросов);
- иметь высокую теплотворную способность;
- иметь агрегативную устойчивость при нагреве и горении;
- обладать «атмосфероустойчивостью» (не разрушаться от температурных воздействий и атмосферных осадков);
- обладать механической прочностью, выдерживая достаточно высокое сопротивление удару и сохранять форму при транспортировке;
- содержать минимальное количество влаги, наличие которой требует дополнительного расхода тепла на испарение.

Производство окускованного твердого топлива позволяет:

- получить высокосортное и транспортабельное топливо улучшенного качества;
- сократить потери угля при хранении, перевозках и сжигании;
- предотвратить самовозгорание углей;
- привлечь для коксования дополнительные ресурсы неспекающихся марок углей;
- использовать угольную мелочь для слоевого сжигания.

В настоящее время существует несколько методов переработки угольной мелочи в твердый товарный продукт: получение гранул с помощью омасливания (гранулирование окатыванием), брикетирование и пелетирование (прессовое гранулирование).

Окускование каменноугольной мелочи предусматривает использование в качестве связующего различных материалов: каменноугольного пека, нефтебитума, крахмала, лигнина, цемента, полимерных материалов.

Лабораторная работа №3 **ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ** **В БАРАБАННОМ ГРАНУЛЯТОРЕ**

Цель работы: Изучить возможность получения гранул из каменноугольной мелочи с применением связующего в барабанном грануляторе.

Общие вопросы. Одним из доступных методов окускования каменноугольной мелочи и шламов является гранулирование окатыванием.

Гранулирование определяется как агломерационный процесс, где тонкие частицы материала формируются в гранулы в присутствии влаги, полимерных связующих или с помощью омасливания.

Для гранулирования каменноугольной мелочи в качестве связующего применяют, как правило, нефтепродукты, расход которых весьма значителен, но при этом получают топливные гранулы с низкой зольностью: аполярные связующие селективно адсорбируются на угольных частицах.

Для гранулирования используют барабанные и тарельчатые грануляторы. Конструкция барабанного гранулятора очень проста: цилиндрический корпус, в который загружается исходный материал, в торцах корпуса загрузочное и разгрузочное устройство, форсунки, через которые подается связующее, располагающиеся обычно со стороны загрузки. Корпус наклонен на $1-3^\circ$ к горизонту для облегчения перемещения материала. Как правило, одновременно с исходным сырьем подается ретур (готовые мелкие гранулы) в количестве 20–25 % от готовой продукции, который служит центрами гранулообразования. Частота вращения барабана – от 5 до 30 об/мин. Для увеличения высоты подъема материала и предотвращения образования комков, а следовательно, интенсификации процесса окатывания применяют насадки, которые устанавливают на некоторой части или на всем пу-

ти движения материала в барабане. Насадки представляют собой неподвижные или вращающиеся лопасти.

Барабанные грануляторы характеризуются большой производительностью (30–70 т/ч), простотой конструкции, надежностью в работе, относительно небольшими удельными энергозатратами. Одновременно им присущи недостатки. Один из них – невозможность управления процессом гранулообразования. Барабанные грануляторы не обеспечивают визуальный контроль производства. В этих аппаратах иногда происходит нарушение процесса гранулообразования с образованием очень крупных гранул.

Тарельчатые грануляторы уступают барабанным в производительности, но позволяют легко регулировать ход процесса гранулирования изменением числа оборотов тарели и угла наклона ее оси. Кроме того, тарельчатые грануляторы более экономичны, компактны и требуют меньших капитальных вложений. К преимуществам гранулирования на тарелях относится также визуальный контроль и возможность быстрого определения в лабораторных условиях способности материалов к гранулированию.

Оборудование и материалы. Барабанный гранулятор, угольная мелочь, крупностью 0–3 мм, связующее (на основе нефтепродуктов), ретур, полимерные емкости объемом 200 мл, мерная посуда емкостью 100 мл, весы электронные, шпатель, стеклянная палочка, фарфоровая кружка, установка для определения прочности гранул.

Порядок проведения работы

1. Для проведения опытов приготовить 4 навески по 30 г исходного материала. Расход связующего от 100 до 300 кг/т. Количество ретура заданной крупности составляет 15–30 % от исходной навески. Конкретные данные задаются преподавателем. Если получение гранул идет без связующего, то используют шламы влажностью 15–30 %.

2. Ознакомиться с конструкцией установки для получения гранул (рис. 3.1). Установка состоит из барабана с отвинчивающейся крышкой 1, установленного на рольганге 2, электродвигателя 3 и пускателя 4.

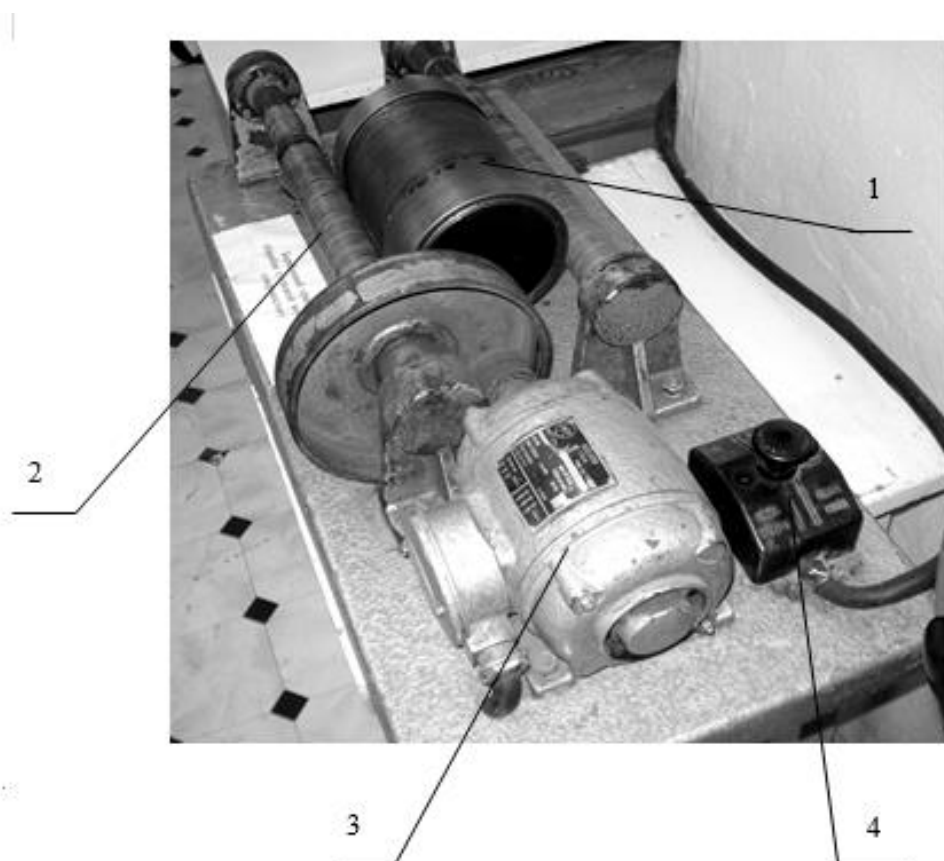


Рис. 3.1. Установка для гранулирования: 1 – барабан; 2 – ролик; 3 – электродвигатель; 4 – пускатель

3. Навеску материала обработать заданным количеством связующего, добавить ретур, перемешать и загрузить в барабан. Закрутить крышку, установить переключатель в положение «Пуск». Гранулы должны формироваться при вращении барабана в течение 8 минут. По истечении заданного времени барабан остановить. Образовавшиеся гранулы удалить из барабана после снятия крышки.

4. Необходимо выполнить следующие опыты:

- первый опыт со связующим и без ретура;
- второй опыт с тем же расходом связующего, что и в первом опыте, но с заданным количеством ретура определенной крупности;
- третий опыт с водой (в качестве связующего);
- четвертый опыт с водой и ретуrom.

5. Определить диаметр максимальной гранулы. Для этого необходимо отобрать визуально максимальную гранулу и измерить ее диаметр штангенциркулем или при помощи линейки. Результат зафиксировать и фото приложить к отчету.

6. Отобрать по четыре наиболее крупных гранул из каждой серии опытов и определить их влагоустойчивость. Для этого одну гранулу погрузить в стакан с водой объемом 100 мл и зафиксировать время ее полного разрушения. Повторить для гранул, изготовленных в каждой серии опытов.

7. У оставшихся гранул определить механическую прочность методом сбрасывания каждой гранулы с высоты 0,5 м на металлическую плиту. По результатам опыта определяют среднее арифметическое значение коэффициента сбрасывания, η (%):

$$\eta = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100$$

где m_1 – начальная масса испытуемой гранулы, г; m_2 – масса гранулы после падения (масса куска размером более половины от первоначального размера гранулы после сбрасывания с высоты 0,5 м на металлическую плиту).

Обработка результатов

Начертить схему лабораторной установки для гранулирования окатыванием. Составить спецификацию основных деталей.

Выполнить необходимые расчеты. Полученные результаты свести в табл. 3.1. Произвести их письменное обсуждение и сделать выводы по работе.

Таблица 3.1

Результаты опытов

Но- мер опы- та	Связую- щее:		Время работы грану- лятора, мин	d_{max} , мм	Масса наиболее крупной грану- лы, г		η , %	Время разру- шения гранулы в воде, с
	тип	рас- ход, г			m_1	m_2		

Контрольные вопросы:

1. Устройство и принцип действия барабанного гранулятора.
2. Преимущества и недостатки барабанного гранулятора.
3. Под действием, каких сил происходит формирование гранул в барабанном грануляторе?
4. Целесообразность применения связующего и ретур при получении гранул.

Лабораторная работа № 4

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ В ТАРЕЛЬЧАТОМ ГРАНУЛЯТОРЕ

Цель работы: изучить возможность получения гранул из каменноугольной мелочи с применением связующего в тарельчатом грануляторе.

Общие положения. Тарельчатые, или дисковые, грануляторы – это вращающаяся тарель с бортами, расположенными перпендикулярно к днищу, установленная под углом $40\text{--}60^\circ$ к горизонту (рис. 4.1). Дну тарели желательно придать эллиптическую форму для увеличения траектории гранулы, что интенсифицирует процесс. К тарели подводится форсунка, через которую поступает связующее, но может происходить и сухое окатывание, которое часто сопровождается пылением. В последнем случае целесообразно подавать либо полидисперсный исходный материал, либо вводить ретур. Поэтому в большинстве случаев окатывание осуществляется по схеме влажного гранулирования, со связующим. Окатывание материала происходит на днище тарели. Вследствие силы трения комки поднимаются на некоторую высоту и затем скатываются вниз, образуя гранулы-окатыши. Конечная крупность гранул 10–16 мм.

Тарельчатые грануляторы уступают барабанным в производительности, однако обладают многочисленными преимуществами, позволяющими им во многих случаях заменить барабаны. Тарельчатые грануляторы позволяют получить монодисперсный гранулят; относительно легко регулировать ход процесса гранулирования изменением числа оборотов тарели и угла наклона ее оси. Кроме того, тарельчатые грануляторы более экономичны, компактны и требуют меньших капитальных вложений.

К преимуществам гранулирования на тарелях относятся также возможность быстрого определения в лабораторных условиях способности материалов к гранулированию, широкий диапазон свойств исходных продуктов, возможность проведения процесса по сухой и мокрой схемам. Но они имеют узкие пределы рабочих режимов вследствие высокой чувствительности аппарата к содержанию жидкости (связующего) в материале.

Оборудование и материалы. Тарельчатый гранулятор, угольная мелочь, крупностью 0-3 мм, связующее (на основе полиакриламида), полимерные емкости объемом 200 мл, мерная посуда емкостью 100 мл, весы технические с разновесами, весы электронные, шпатель, стеклянная палочка, фарфоровая кружка, установка для определения прочности гранул.

Порядок проведения работы.

1. Ознакомиться с конструкцией установки для получения гранул (рис. 2). Составить принципиальную схему установки с обозначением основных узлов и деталей.

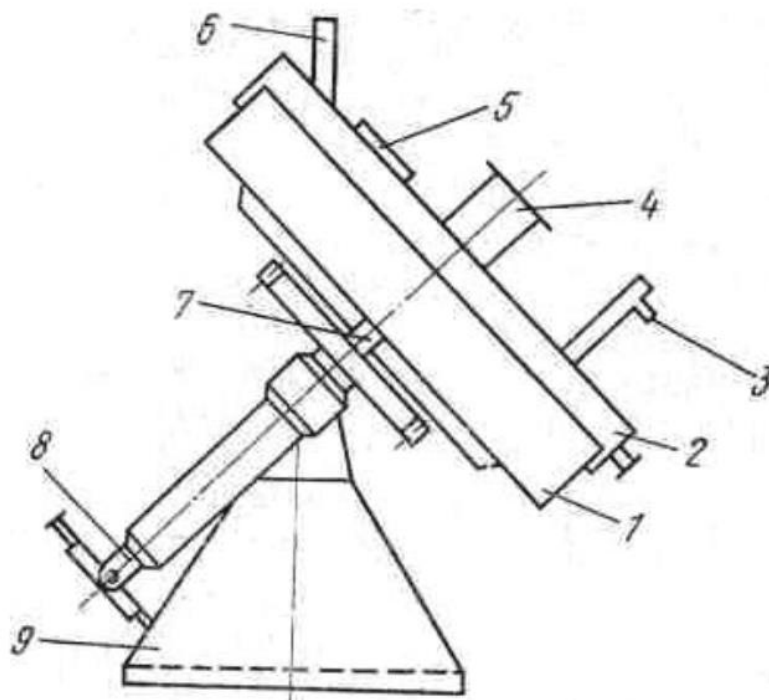


Рис. 4.1. Тарельчатый гранулятор: 1 – тарель; 2 – отвод продукта; 3 – подвод связующего; 4 – отвод паров; 5 – смотровое окно; 6 – подвод порошка; 7 – вал; 8 – шарнир; 9 – опора

2. Для проведения опытов приготовить навеску угольной мелочи массой 100 г, материал поместить в емкость, добавить воду для получения продукта влажностью 27–35 %. (задается преподавателем), тщательно перемешать и оставить на 20 минут. При этом рассчитать количество воды, добавляемое для полученной смеси заданной влажности, по формуле

$$m_{\text{в}} = \frac{W_{\text{н}}^{\text{r}} \cdot m_{\text{н}}}{(100 - W_{\text{н}}^{\text{r}})} \quad (4.1)$$

где $m_{\text{в}}$ – масса добавляемой воды, г; $W_{\text{н}}^{\text{r}}$ – требуемая влажность, %;

m_H — масса навески, г.

3. По истечению заданного времени взвешивают 4 навески по 20 г исходного материала. В три навески добавить связующее, тщательно перемешать и оставить на 10 мин. Расход связующего от 5 до 1,5 % от массы навески. Конкретные данные задаются преподавателем. В четвертую навеску связующее не добавлять.

4. По истечению времени первую навеску загрузить в тарель и включить установку. Гранулы формируются при вращении тарели в течение 5–8 минут. Прodelать 3 опыта с различным расходом связующего, 1 опыт без добавления связующего.

5. По истечению заданного времени тарель останавливают. Образовавшиеся гранулы удаляют из тарели.

6. Отобрать по восемь наиболее крупных гранул из каждой серии опытов. Измерить их диаметр и определить d_{cp} по формуле

$$d_{cp} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} \quad (4.2)$$

7. Определить влагоустойчивость гранул, изготовленных в каждой серии опытов. Для этого одну гранулу погрузить в стакан с водой объемом 100 мл и зафиксировать время ее полного разрушения.

8. У оставшихся гранул определить механическую прочность методом сбрасывания каждой гранулы с высоты 0,5 м на металлическую плиту (см. работу № 3).

Обработка и оформление результатов эксперимента.

Начертить принципиальную схему установки для получения гранул с обозначением основных узлов и деталей. Произвести необходимые расчеты.

Полученные результаты свести в табл. 4.1. Произвести их письменное обсуждение и сделать выводы по работе. Построить график влияния расхода связующего на результаты процесса гранулирования.

Таблица 4.1

Результаты опытов

№ п.п.	Связующее		d_{cp} , мм	Масса наибольшей гранулы, г	η , %.	Время разруше-
	Тип	Расход,				

		г	%		m_1	m_2		ния гра- нулы в воде, мин.

Контрольные вопросы:

1. Назначение масляной грануляции каменноугольной мелочи.
2. Аппараты для получения гранул из каменноугольной мелочи.
3. Принцип действия существующих конструкций грануляторов.
4. Назначение связующего и его виды.
5. Механизм действия связующего.
6. Назначение ретур при грануляции каменноугольной мелочи.
7. Преимущества процесса масляной грануляции перед другими способами окускования угольной мелочи.

Лабораторная работа № 5 **ПОЛУЧЕНИЕ ПЕЛЕТ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ**

Цель работы: Изучить возможность получения пелет из каменноугольной мелочи с применением связующего.

Общие положения. Одним из разновидностей процесса получения окускованного топлива является прессовое гранулирование или пелетирование.

Процесс образования пелет может происходить в экструдере. Материал загружается внутрь аппарата и при помощи шнека направляется на решетку, установленную внутри экструдера. Материал продавливается сквозь отверстия решетки, формируясь в пелеты.

Существуют и другие аппараты прессового гранулирования, состоящие, например, из полого перфорированного барабана, внутри которого в одну сторону вращаются два вала, продавливающие через отверстия подаваемую в барабан смесь материала со связующим, образуя пелеты.

В качестве связующего используют цемент, крахмал, бентонит, поливинилацетат и др.

Пелетирование каменноугольной мелочи имеет ряд преимуществ:

- отсутствие в технологической схеме стадии термообработки;

- использование в качестве связующего упомянутых выше нетоксичных и неканцерогенных материалов;
- возможность окускования каменноугольной мелочи значительной влажности.

Перспективность метода пелетирования очевидна при переработке наружных отстойников шахт и углеобогачительных фабрик.

Оборудование и материалы. Поршневой экструдер, технические весы с разновесами, электронные весы, шпатель, стеклянная палочка, фарфоровая кружка, эксикатор, емкости объемом 50 мл, мерная посуда емкостью 200 мл, установка для определения прочности пелет, сушильный шкаф, угольная мелочь крупностью 0–3 мм, связующее (цемент, асбест, водорастворимые полимеры),

Порядок проведения работы

1. Для проведения опытов приготовить навеску угольной мелочи массой 150 г, материал поместить в эксикатор, добавить от 35 до 65 мл воды (задается преподавателем), тщательно перемешать и оставить на 30 минут. При этом рассчитать влажность полученной смеси

2. Ознакомиться с конструкцией и принципом работы лабораторной установки для получения пелет (рис. 5.1), представляющую собой поршневой экструдер, состоящий из следующих узлов: 1 – материальный цилиндр; 3 – поршень; 4 – шток с нарезанной по всей длине резьбой; 5 – задняя крышка, навинчивающаяся на материальный цилиндр и имеющая центральное отверстие с резьбой; 6 – рукоятка для вращения и одновременного перемещения штока 4; 7 – съемные опоры; 8 – передняя крышка, так же, как и задняя, навинчивающаяся на материальный цилиндр. Шток 4 ввинчивается в центральное отверстие задней крышки 5, что дает возможность осуществлять поступательное движение штока в обе стороны вращением в одну либо другую сторону рукоятки 6. Материальный цилиндр имеет две съемные опоры 8, при помощи которых установка крепится к лабораторному столу.

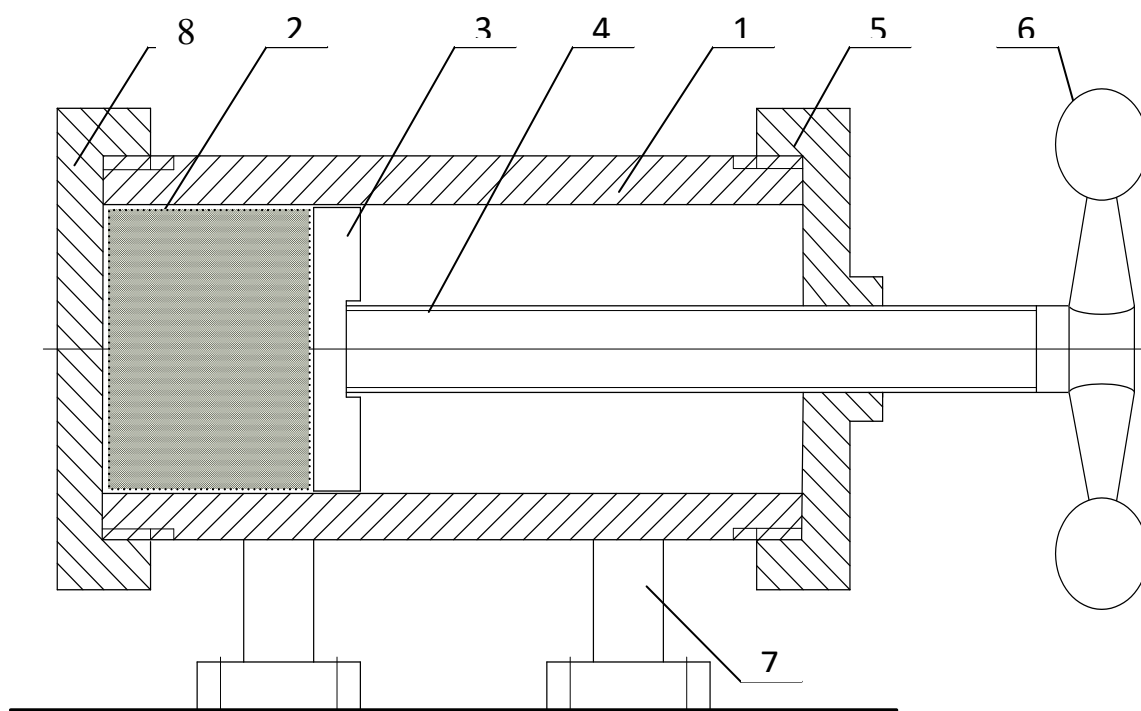


Рис. 5.1. Схема установки для пелетирования: 1 – материальный цилиндр; 2 – исходная смесь для пелетирования; 3 – поршень; 4 – шток с винтовой нарезкой; 5 – задняя крышка; 6 – рукоятка; 7 – съемные опоры; 8 – передняя крышка

Рабочая поверхность поршня 3, а также внутренние поверхности передней крышки 8 и материального цилиндра 1 образуют рабочее пространство, куда помещается исходный материал 2 для формования пелеты.

3. Порядок работы на лабораторной установке следующий:

- снять переднюю крышку 8;
- вращением рукоятки 6 против часовой стрелки отвести поршень 3 на расстояние 5 см;
- навеску материала загрузить в материальный цилиндр и закрутить крышку;
- вращением рукоятки по часовой стрелке начать формование пелеты в рабочем пространстве материального цилиндра. Пелета будет формироваться за счет давления, возникающего при осевом перемещении поршня. Рукоятку необходимо вращать до достижения специальной метки, нанесенной на винтовую нарезку штока. В этом положении материал выдержать в течение 2–3 минут, затем рукоятку повернуть на 0,5 оборота, влево и открутить переднюю крышку;

– образовавшуюся пелету осторожно удалить из цилиндра, перемещая поршень вращением рукоятки по часовой стрелке.

4. По истечении 30 минут из приготовленной исходной смеси (см. п. 1) отобрать 6 проб массой 20 г. К первым двум пробам добавить по 0,1 г (0,5 % от массы навески) полимерного связующего. К следующим двум пробам добавить 1–2 г (5–10 % от массы навески) цемента или асбеста. **Внимание!** Связующее наносить на всю поверхность пробы исходного материала и тщательно перемешивать для равномерного его распределения по всему объему. В оставшиеся две пробы связующее не добавлять.

5. В поршневом экструдере из приготовленных проб изготовить 6 пелет и поместить их в сушильный шкаф, нагретый до температуры 60 °С. При этой температуре сушить пелеты в течение 20 минут.

6. После сушки вынуть пелеты из сушильного шкафа, дать им полностью остыть и перейти к определению влагоустойчивости трех пелет (с различными связующими и без него) и механической прочности оставшихся трех пелет.

7. Водостойкость оценить по размокаемости, погружая одну пелету в стакан с водой объемом 200 мл и фиксируя время ее полного разрушения.

8. У оставшихся трех пелет механическую прочность определить методом сбрасывания с высоты 0,5 м на металлическую плиту. По результатам опыта определить значение коэффициента сбрасывания η по формуле 1.

Обработка и оформление результатов эксперимента

Начертить схему лабораторной установки для пелетирования. Составить спецификацию основных деталей.

Выполнить расчет по определению количества воды, необходимого для получения угольных шламов, заданной влажности.

Результаты измерений и расчетные данные по каждой серии опытов занести в табл. 5.1. Произвести письменное обсуждение полученных результатов, сделать выводы.

Таблица 5.1

Результаты опытов

Номер опыта	Связующее		Масса пелеты, г	Время разрушения, в воде, с	Коэффициент сбрасывания, %
	тип	расход, г			

Контрольные вопросы:

1. Назначение процесса пелетирования каменноугольной мелочи.
2. Оборудование для получения пелет из каменноугольной мелочи.
3. Принцип действия существующих конструкций аппаратов для производства пелет.
4. Назначение связующего для пелетирования и его виды.
5. Способы окускования каменноугольной мелочи.
6. Преимущества процесса пелетирования.

Лабораторная работа № 6**ПОЛУЧЕНИЕ БРИКЕТОВ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ**

Цель работы: Изучить возможность получения брикетов из каменноугольной мелочи с применением связующего. Определить качество полученных брикетов (механическую прочность, водоустойчивость, влажность, термическую стойкость).

Оборудование и материалы: оборудование для создания брикетов, угольная мелочь, крупностью 0–3 мм, весы электронные, датчик нагрузки, шприц для дозирования связующего, полимерные или фарфоровые емкости объемом 100 мл для приготовления навесок, емкости, объемом 100 мл для определения водоустойчивости, металлические емкости для сушки брикетов, связующее, сушильный шкаф, установка для определения механической прочности брикетов, лодочки для сжигания брикетов.

Порядок проведения работы:

1. Для проведения опытов приготовить 6 навесок по 6 г исходного материала. 3 из данных навески влажностью 30 %, 3 навески влажностью 35 %. В каждую из навесок добавить опилки (0,1–0,3 г). Тщательно перемешать угольную мелочь до получения однородной массы и оставить на 10 минут.

2. Ознакомиться с конструкцией установка для создания брикетов (рис. 6.1). Начертить принципиальную схему установки для брикетирования и составить спецификацию основных узлов и деталей.

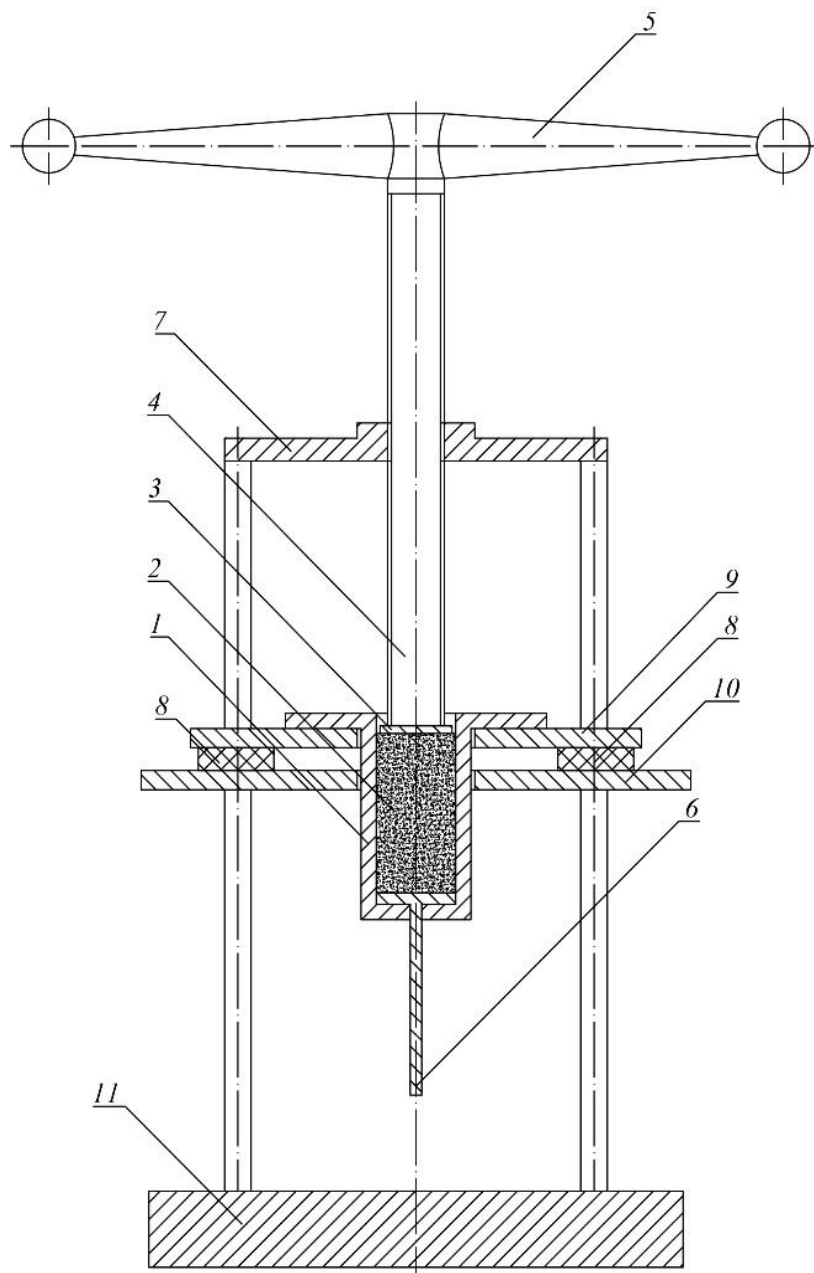


Рис. 6.1. Схема лабораторной установки для брикетирования: 1 – цилиндр; 2 – исходная навеска; 3 – прижимная пластина; 4 – шток с винтовой нарезкой; 5 – рукоятка; 6 – поршень для извлечения брикета; 7 – корпус установки; 8 – датчик измерения давления; 9 – пластина; 10 – опора; 11 – станина

3. По истечении заданного времени угольную мелочь, смешанную со связующим, переложить в полость цилиндра установки и подпрессовать поршнем. Далее закрыть цилиндр прижимной пластинкой и закрепить его на установке. Под пластину подвести датчик

определения давления. Поворотом рукояти на установки довести шток до касания с пластиной и установить на датчике измерения давления «0». Медленно вращать шток, пока на дисплее прибора не установится нагрузка 600 кг. На штоке это давление соответствует 10 виткам. Выдержать нагрузку в течение 5 минут. Если она падает, довести до значения 600. Далее снять нагрузку, извлечь готовый брикет. Повторить опыт для остальных навесок.

4. Измерить диаметр прижимной пластины и определить ее площадь. Рассчитать давление, необходимое для формирования брикетов.

5. Готовые брикеты взвесить и поместить в сушильный шкаф на 20 минут. По окончании сушки, после полного их остывания, повторно взвесить и рассчитать влажность готовых брикетов по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% \quad (6.1)$$

где W – влажность брикетов, m_1 – масса брикета до сушки, m_2 – масса брикета после сушки.

6. Определить водоустойчивость брикетов путем погружения брикета в емкость с водой из-под крана, объемом 10 мл и фиксировать время их разрушения.

7. Определить механическую прочность брикетов методом сбрасывания с высоты 0,5 метров на металлическую плиту. По результатам опыта найти значение коэффициента сбрасывания η по формуле:

$$\eta = \frac{m_3}{m_2} \cdot 100 \quad (6.2)$$

где m_2 – начальная масса испытуемой гранулы, г; m_3 – масса гранулы после падения (масса куса размером более половины от первоначального размера гранулы после сбрасывания с высоты 0,5 м на металлическую плиту).

8. Определить термическую стойкость брикетов, т.е. сохранение формы брикета после сжигания. Предварительно взвешенный брикет 1 опыта поместить в лодочку, подписали фамилии, группу, дату выполнения и отдать инженеру кафедры для сжигания. Результаты получить к следующей лабораторной работе.

Термическую стойкость брикетов определяют в муфельной печи при 800 ± 25 °С. Брикет помещают в разогретую муфельную печь и выдерживают в ней до полного сгорания. Термически стойкие брике-

ты должны сгорать, равномерно озоляясь и сохраняя свою форму. Не должны давать больших трещин и неравномерного озоления.

Обработка результатов:

1) Для приготовления 1-3 образцов продукта $W = 30 \%$ Находим нужное количество воды по формуле 4.1.

2) Находим нужное количество воды для приготовления 4-6 образцов продукта $W=33 \%$.

3) Замеряем диаметр прижимной пластинки ____ мм. Площадь пластинки находим по формуле: $S = \pi R^2$; $S = \text{_____} \text{ см}^2$. Рассчитываем давление необходимое для формирования брикетов по формуле

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}, \text{ МПа}$$

где P – необходимое давление; F – сила, действующая на поверхность; S – площадь поверхности.

Контрольные вопросы:

1. Какой процесс называют брикетированием?
2. Оборудование для процесса брикетирования:
 - каменноугольной мелочи;
 - буроугольной мелочи.
3. Преимущества и недостатки процесса промышленного брикетирования каменноугольной мелочи.
4. Под действием каких сил происходит формирование брикетов?
5. Целесообразность применения связующего при получении брикетов.
6. Какие существуют методы испытаний для определения качества брикетов?
7. Отличие процессов брикетирования каменноугольной мелочи от буроугольной.

Таблица 6.1

Результаты опытов

№ опыта	Связующее		$W_{\text{исх}}, \%$	$P, \text{МПа}$	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$W, \%$	$m_3, \text{г}$	$\eta, \%$
	тип	$Q, \text{г}$							
1	опилки	0,1							
2		0,2							
3		0,3							
4		0,1							
5		0,2							
6		0,3							

Лабораторная работа 7
ПОЛУЧЕНИЕ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ

Цель работы. Изучить возможность получения стройматериалов при использовании золошлаковых отходов.

Исходные данные в табл. 7.1. Масса каждой смеси 33 г. Рассчитать количество компонентов по данным табл. 7.1, зная их процентное содержание.

Таблица 7.1

Исходные данные для работы

Наименование компонентов	Смесь №1, ко- личество ком- понентов		Смесь №2, ко- личество ком- понентов		Смесь №3, ко- личество ком- понентов	
	%	г	%	г	%	г
Измельченные золо- угольные отходы	60,6		65,15		70	
Отсевы (отходы дробления) мягких горных пород	21,21		21,21		21,21	
Портландцемент	12,3		7,57		3,03	
Вода	6,06		6,06		6,06	
Итого	100	33	100	33	100	33

Изучить конструкцию установки.

Измерить диаметр прижимной пластины:

$$D = \quad , \text{ см}$$

Определить площадь прижимной пластины:

$$S = \quad , \text{ см}^2$$

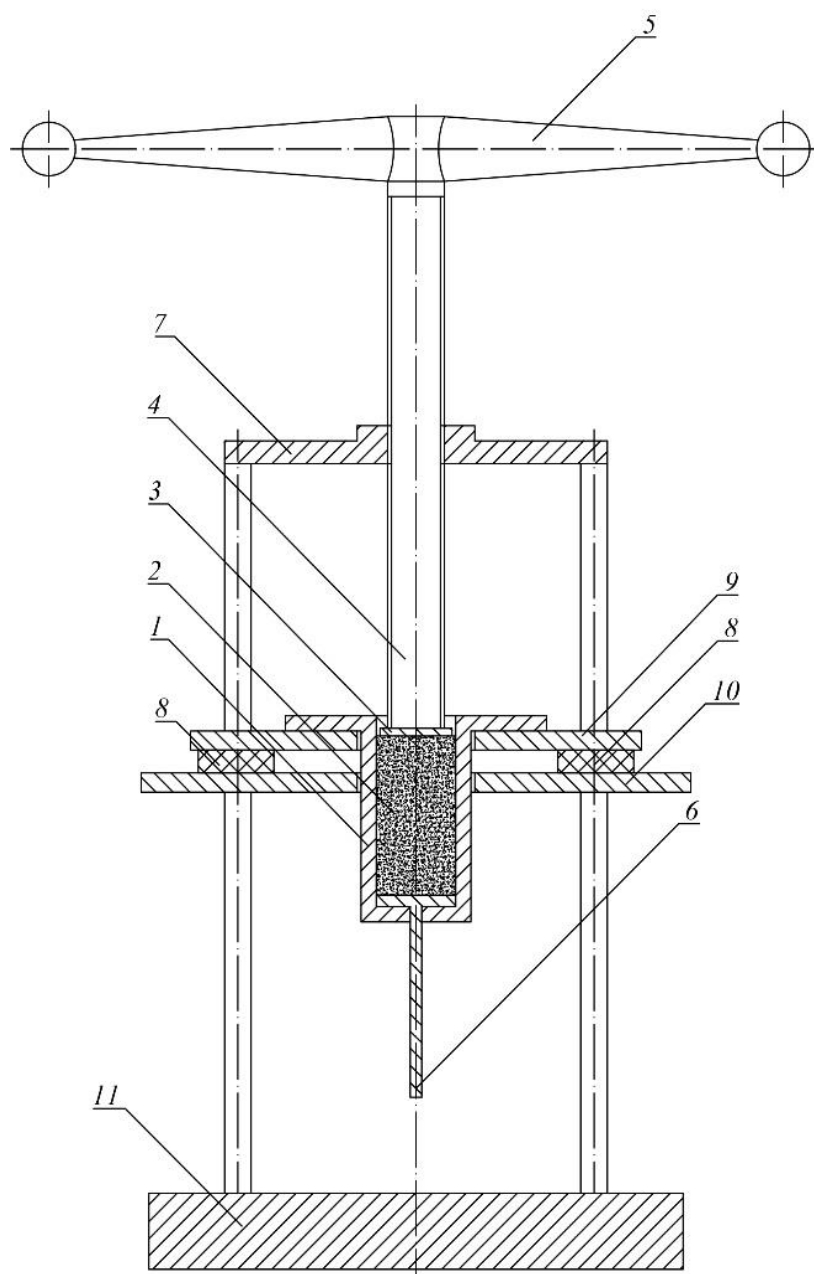


Рис. 7.1. Схема лабораторной установки: 1 – цилиндр; 2 – исходная навеска; 3 – прижимная пластина; 4 – шток с винтовой нарезкой; 5 – рукоятка; 6 – поршень для извлечения брикета; 7 – корпус установки; 8 – датчики измерения давления; 9 – пластина; 10 – опора; 11 – станина

Порядок проведения работы:

1. Приготовить 3 вида смеси для проведения работы, согласно данным табл. 7.1. Тщательно перемешать компоненты. Оставить на 20 минут.

2. По истечении заданного времени смазать стенки цилиндра маслом. Затем поместить в цилиндр установки навеску смеси №1 массой 5,5 г и если надо, слегка подпрессовать поршнем от шприца. Далее закрыть цилиндр прижимной пластиной, **так чтобы прижимная пластина была вровень с верхним краем цилиндра.**

3. Установить цилиндр в корпус установки. Медленно вращая шток, увеличивая нагрузку. На штоке должно быть 8 витков. Это соответствует примерно нагрузке 600 кг. Выдерживали нагрузку в течение 3 минут. Затем добавить 2-3 витка на штоке. Далее снять нагрузку и извлечь готовый образец.

4. Брикет должен быть плотным и легко извлекаться из цилиндра. После извлечения брикета на стенках цилиндра не должно оставаться материала.

5. Изготовить по три образца для каждой смеси.

6. Готовые брикеты взвесить и поместить в сушильный шкаф на 20–30 мин. По окончании сушки, после полного их остывания повторно взвесить и рассчитать влажность готовых брикетов по формуле:

$$w = \frac{m_{B1} - m_{B2}}{m_{B1}} \cdot 100\%,$$

где w – влажность брикета; m_{B1} – масса брикета до сушки; m_{B2} – масса брикета после сушки.

7. Определить рабочее давление, зная площадь пластины и нагрузку.

8. Определили механическую прочность брикетов методом сбрасывания с высоты 0,5 м на металлическую плиту.

По результатам опыта найти значение коэффициента сбрасывания K из выражения

$$K_{\Pi} = \frac{m_{\Pi1}}{m_{\Pi2}} \cdot 100\%,$$

где $m_{\Pi1}$ – масса брикета после сбрасывания, $m_{\Pi2}$ – масса брикета до сбрасывания.

Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Какова актуальность работы?
2. Какие элементы и вещества входят в состав угольной золы?
3. Что значит портландцемент и каковы его основные свойства?
4. Какие вещества входят в состав отходов углеобогащения?
5. Почему использование золоотходов можно уменьшать долю цемента при производстве стройматериалов?

Список рекомендуемой литературы

1. Направление комплексного использования минерального сырья [Текст]: учебное пособие для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Обогащение полезных ископаемых» / Г. Л. Евменова; ФГБОУ ВО Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово: КузГТУ, 2017. – 115 с.
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91600&type=utchposob:common>

2. Евменова, Г. Л. Окускование угольной мелочи : учебное пособие по дисциплине факультатива «Брикетиrowание, гранулирование, пелетирование» для студентов специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых» / Г. Л. Евменова ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кафедра обогащения полезных ископаемых. – Кемерово : КузГТУ, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (5,8 Мб). – URL:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90746&type=utchposob:common>
(дата обращения: 10.03.2025). – Текст : электронный.

3. Евменова, Г. Л. Диверсификация угольной продукции : учебное пособие для экономических и технических специальностей вузов / Г. Л. Евменова, Е. И. Моисеева ; Кузбасский государственный технический университет, Кафедра обогащения полезных ископаемых, Кафедра отраслевой экономики. – Кемерово : КузГТУ, 2001. – 106 с. – Текст : непосредственный.

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

5. Елишевич, А. Т. Брикетирование полезных ископаемых : учебник для вузов / А. Т. Елишевич. – Москва : Недра, 1989. – 300 с. – Текст : непосредственный.

6. ГОСТ 55661-2013. Топливо твердое минеральное. Определения зольности. Введ. 28.10.2013. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 15 с. – Текст : непосредственный.

7. ГОСТ 70207-2022. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. Введ. 12.07.2022. – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 24 с. – Текст : непосредственный.

8. ГОСТ 59245-2020. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по размеру кусков. Введ. 09.12.2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 6 с. – Текст : непосредственный.

Приложение 1

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

Кафедра обогащения полезных ископаемых

Лабораторная работа № _____
(Название лабораторной работы)

по дисциплине по дисциплине:

**«НАПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ»**

Выполнил: студент гр.

ФИО _____

Преподаватель:

ФИО _____

Кемерово _____

Таблицы для определения согласно **ГОСТ Р 70207-2022** УГЛИ БУРЫЕ, КАМЕННЫЕ И АНТРАЦИТЫ. Классификация по генетическим и технологическим параметрам.

Подразделение каменных углей на типы

Тип	Выход летучих веществ на сухое беззольное состояние V^{daf} , %	Тип	Выход летучих веществ на сухое беззольное состояние V^{daf} , %
48	48,0 и более	26	От 26,0 до 27,9 включ.
46	От 46,0 до 47,9 включ.	24	От 24,0 до 25,9 включ.
44	От 44,0 до 45,9 включ.	22	От 22,0 до 23,9 включ.
42	От 42,0 до 43,9 включ.	20	От 20,0 до 21,9 включ.
40	От 40,0 до 41,9 включ.	18	От 18,0 до 19,9 включ.
38	От 38,0 до 39,9 включ.	16	От 16,0 до 17,9 включ.
36	От 36,0 до 37,9 включ.	14	От 14,0 до 15,9 включ.
34	От 34,0 до 35,9 включ.	12	От 12,0 до 13,9 включ.
32	От 32,0 до 33,9 включ.	10	От 10,0 до 11,9 включ.
30	От 30,0 до 31,9 включ.	08	От 8,0 до 9,9 включ.
28	От 28,0 до 29,9 включ.		

Подразделение каменных углей на подтипы

Под-тип	Толщина пластического слоя u , мм	Индекс свободного вспучивания SI	Под-тип	Толщина пластического слоя u , мм	Индекс свободного вспучивания SI
26	26	-	14	14	-
25	25	-	13	13	-
24	24	-	12	12	-
23	23	-	11	11	-
22	22	-	10	10	-
21	21	-	09	9	-
20	20	-	08	8	-
19	19	-	07	7	-
18	18	-	06	6	-
17	17	-	01	Менее 6	1 и более
16	16	-	00	Менее 6	Менее 1
15	15	-			

Для значений u выше 26 мм номер подтипа соответствует абсолютному значению толщины пластического слоя в миллиметрах.

Подразделение антрацитов на типы

Тип	Объемный выход летучих веществ на сухое беззольное состояние V_V^{daf} , см ³ /г
20	Более 200
15	Св. 150 до 200 включ.
10	От 100 до 150 включ.
05	Менее 100

Подразделение антрацитов на подтипы

Подтип	Показатель анизотропии отражения витринита A_R , %
20	Менее 30
30	От 30 до 40 включ.
40	Св. 40 до 50 включ.
50	Св. 50 до 60 включ.
60	Св. 60 до 70 включ.
70	Более 70

Определение марки каменного угля

Подразделение углей			Коды параметров				Примечание
Марка	Группа	Подгруппа	Класс	Категория	Тип	Подтип	
ГЖО	1ГЖО	1ГЖОВ	06, 07	0, 1, 2, 3	30, 32, 34, 36	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	
		1ГЖОФ		4 и выше			
	2ГЖО	2ГЖОВ	08, 09	0, 1, 2, 3	30,32,34,36	10, 11, 12, 13	
			08		36 и выше	14, 15, 16	
		2ГЖОФ	08, 09	4 и выше	30 и выше	10, 11, 12, 13	
			08		36 и выше	14, 15, 16	
ГЖ	1ГЖ	-	05, 06, 07	Все кате- гории	30 и выше	17 и выше	
	2ГЖ	-	08, 09		36 и выше	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	
Ж	1Ж	-	08	Все кате- гории	28, 30, 32, 34	14, 15, 16, 17	
			09, 10, 11		30, 32, 34		
	2Ж	-	08, 09		36 и выше	26 и выше	
			10, 11		30, 32, 34	18 и выше	
					30 и выше	18 и выше	
КЖ	-	-	09, 10,11, 12	Все кате- гории	24, 26, 28	18 и выше	Тип 24 при $V^{daf} \geq 25\%$ и более
К	1К	1КВ	10, 11, 12	0,1, 2, 3	24, 26, 28	13, 14, 15, 16, 17	* Тип 24 при V^{daf}
					24* и ниже	13 и выше	

		1КФ		4 и выше	24,26, 28	13,14,15,16,17	менее 25%
						13 и выше	
					24* и ниже		
	2К	2КВ	13, 14, 15, 16	0, 1, 2, 3	28 и ниже	13 и выше	* При SI 7 и выше
			14 и выше			Менее 13*	
2КФ			13, 14, 15, 16	4 и выше	28 и ниже	13 и выше	
КО	1КО	1КОВ	08, 09, 10, 11	0,1,2,3	22, 24, 26, 28	10,11,12	
		1КОФ	08, 09	4 и выше	22, 24, 26, 28		
			10, 11		20 и выше		

Определение марки антрацита

Подразделение углей			Коды параметров				Примечание
Марка	Группа	Подгруппа	Класс	Категория	Тип	Подтип	
Т	1Т	1ТВ	16, 16, 17, 18, 19, 20	0, 1, 2, 3	12, 14, 16	00	Подтип 00 КІ 2:4
		1ТФ	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	4 и выше	12, 14		
	2Т	2ТВ	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	0, 1, 2, 3	08, 10	00	Подтип 00 КІ 2:4
		2ТФ		4 и выше			

А	1А	1АВ	22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	0, 1, 2, 3	20	60 и ниже	Классы 22-25 при V^{daf} менее 8 %
		1АФ		4 и выше	10 и выше		
	2А	2АВ	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44	0, 1, 2, 3	10 и выше	40 и выше	Подтип для углей контактового метаморфизма 20 и выше
		2АФ		4 и выше			
	3А	3АВ	45 и выше	0, 1, 2, 3	15 и ниже	50 и выше	
		3АФ		4 и выше			

Приложение 3

Классификация углей по размеру кусков согласно ГОСТ Р 59245-2020 Угли бурые, каменные и антрацит. Классификация по размеру кусков

Наименование класса	Условное обозначение	Размер кусков, мм
Плитный	П	100–200 (300)
Крупный	К	50–100
Орех	О	25–50
Мелкий	М	13–25
Семечко	С	6–13
Штыб	Ш	0–6
Рядовой	Р	0–200 (300)