



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"



**А.Д. Полулях  
П.И. Пилов  
А.И. Егурнов  
Д.А. Полулях**

**ПРАКТИКУМ  
ПО ТЕХНОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ИНЖИНИРИНГУ  
ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Рекомендовано Редакционным советом Национального горного  
университета как учебное пособие  
для студентов направления подготовки 7.050303  
Обогащение полезных ископаемых**

Днепропетровск

НГУ

2011



УДК 622.7

БКК

Д

Рекомендован Редакционным советом Национального горного университета в качестве учебного пособия для студентов для студентов направления подготовки 7.050303 Обогащение полезных ископаемых (протокол № 10 от 14.10.2010 г.).

Рецензенты:

*В.Ф. Пожидаев*, д-р техн. наук, профессор (Восточно-украинский национальный университет, заведующий кафедрой информатики);

*И.К. Младецкий*, д-р техн. наук, профессор (Национальный горный университет, профессор кафедры обогащение полезных ископаемых)

**Полулях А.Д.**

Д Практикум по технолого-экологическому инжинирингу при обогащении полезных ископаемых: учеб. пос. / А.Д. Полулях, П.И. Пилов, А.И. Егурнов, Д.А. Полулях. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 90 с.

ISBN

Содержание издания соответствует образовательно-профессиональной программе подготовки специалистов с направления «Обогащение полезных ископаемых», в частности – программе дисциплины «Технолого-экологического инжиниринга при обогащении полезных ископаемых».

Рассмотрены алгоритмы и приведены примеры решений задач по технолого-экологическому инжинирингу при обогащении полезных ископаемых. Помещены варианты заданий по определению сверхнормативных потерь горючей массы с отходами производства, расчету норм показателей качества угольной продукции на обогатительных фабриках, расчету вредных выбросов при обогащении угля.

Практикум предназначен для студентов и специалистов горных специальностей.

УДК 622.7

БКК \_\_\_\_\_

© А.Д. Полулях, П.И. Пилов, А.И. Егурнов, Д.А. Полулях, 2011

ISBN \_\_\_\_\_

© Национальный горный университет, 2011



## СОДЕРЖАНИЕ



	Стр.
Вступление .....	4
1. Воздействие углеобогачительных предприятий на окружающую среду .....	5
1.1. Источники загрязнения окружающей среды .....	5
1.2. Шумы и вредные выбросы при обработке угля на обогачительных фабриках .....	8
1.3. Нормирование вредных выбросов в атмосферу .....	10
2. Задание № 1. Расчет сверхнормативных потерь горючей массы с отходами углеобогащения .....	13
2.1. Общие сведения и исходные данные к заданию .....	13
2.2. Алгоритм расчета сверхнормативных потерь .....	19
2.3. Пример расчета сверхнормативных потерь .....	20
3. Задание № 2. Расчет количества выбросов загрязняющих веществ при обогащении угля .....	27
3.1. Общие сведения и исходные данные к заданию .....	27
3.2. Алгоритм расчета выбросов загрязняющих веществ организованными источниками .....	34
3.2.1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от сушильных установок ....	34
3.2.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ от аспирационных систем ....	37
3.3. Алгоритм расчета выбросов загрязняющих веществ неорганизованными источниками .....	38
3.3.1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от породных отвалов ....	38
3.3.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ от складов и хвостохранилищ .....	42
3.3.3. Расчет выбросов загрязняющих веществ от погрузочно-разгрузочных работ .....	46
3.4. Пример расчета выбросов загрязняющих веществ углеобогачительным предприятием .....	46
3.4.1. Сушильная установка .....	47
3.4.2. Аспирационная система .....	53
3.4.3. Негорящий действующий породный отвал .....	53
3.4.4. Горящий недействующий породный отвал .....	54
3.4.5. Склад угольного концентрата .....	54
3.4.6. Илонакопитель .....	55
3.4.7. Погрузочно-разгрузочные работы .....	56
3.4.8. Расчет выбросов загрязняющих веществ, сдуваемых при транспортировке горной массы открытым ленточным конвейером .....	56
3.5. Выбросы загрязняющих веществ при работе углеобогачительного предприятия .....	56
4. Задание № 3. Расчет норм показателей качества угольной продукции .....	59
4.1. Общие сведения и исходные данные к заданию .....	59
4.2. Обозначения .....	67
4.3. Алгоритм расчета норм показателей качества угольной продукции .....	69
4.4. Пример расчета норм показателей качества угольной продукции .....	80
4.4.1. Формулировка задания .....	80
4.4.2. Корректировка гранулометрического и фракционного состава рядового угля с учетом шламообразования .....	81
4.4.3. Расчет практических показателей продуктов обогащения .....	85
Список литературы .....	90



## ВСТУПЛЕНИЕ

Образовательно-квалификационная характеристика специальности 8.090302 «Обогащение полезных ископаемых» предъявляет высокие требования к профессиональным знаниям, способностям и навыкам будущего инженера-обогапителя в области технолого-экологического инжиниринга при обогащении полезных ископаемых.

Целью практических заданий по дисциплине «Технолого-экологический инжиниринг при обогащении полезных ископаемых» является практическое применение знаний, полученных студентами на лекционных занятиях для расчета нормативных показателей деятельности обогащательных предприятий в области охраны окружающей среды на примере угольной отрасли.

В практикуме представлены исходные данные, методики выполнения и примеры расчетов сверхнормативных потерь, количество вредных выбросов и качественно-количественные показатели при обогащении угля на обогащательном предприятии.

Практические задания выполняются студентами индивидуально. После окончания выполнения задания каждый студент должен составить отчет в соответствии с требованиями стандартов. Отчет проверяется преподавателем и далее защищается студентом.

Отчет по каждому заданию должен включать:

- название задания и его цель;
- исходные данные к заданию;
- методику выполнения задания;
- расчеты, табличные и графические зависимости;
- анализ полученных расчетных данных и выводы по ним.

К выполнению практического задания студенты допускаются только после прохождения соответствующего лекционного материала и усвоения методики его выполнения.



## 1. ВОЗДЕЙСТВИЕ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Цель раздела: сформировать у студентов современное представление об воздействии углеобогачительных предприятий на окружающую среду; источниках загрязнений; шумовых и вибрационных характеристиках оборудования; вредных выбросах котельных и сушильных установок; горящих и негорящих породных отвалов; шламовых отстойников и илонакопителей; нормировании вредных выбросов в атмосферу.

В разделе приведены основы причины воздействия на окружающую среду, которые требуют необходимости их осмысления, а для самопроверки материала - контрольные вопросы.

Студент, основываясь на материале раздела, должен уметь:

- формулировать причины воздействия на окружающую среду;
- определить и характеризовать источники загрязнения окружающей среды.

### ***1.1. Источники загрязнения окружающей среды***

В процессе своей деятельности человек постоянно воздействует на окружающую среду. При добыче полезных ископаемых он проникает в недра Земли, при обогащении – оказывает влияние на природные процессы, проходящие на Земле. Современная техника и технология сделали человека таким могущественным, что природа в большинстве случаев уступает ему в возможностях изменения ландшафта и рельефу поверхности Земли.

Карьеры длиной до 10 км и глубиной до 1000 м, «горы» породных отвалов, терриконы около шахт, илонакопители площадью в несколько квадратных километров – все это результат человеческой деятельности. Процессы дробления, измельчения и транспортирования сухого материала, сушки и обжига продуктов обогащения являются источниками выделения пыли и газов в атмосферу.

Вследствие перемещения больших объемов горной массы ухудшается режим грунтовых и подземных вод, меняются поверхностный водосток и структура грунта, интенсифицируется эрозийная работа воды и ветра, что в некоторых случаях способствует изменению климата в районах ведения горных работ и обогащения полезных ископаемых.

Значительная часть водных ресурсов используется для технических нужд. Большие объемы водопотребления делают проблему сохранения качества воды в водоемах и рационального использования водных ресурсов одной из наиболее актуальных. Увеличение водопотребления приводит к росту объема сточных вод и загрязнению водоемов. Неочищенные сточные воды, содержащие временные примеси и реагенты, являются основной причиной нарушения экологической системы со всеми отрицательными последствиями.

В соответствии с [1] причины воздействия на окружающую среду подразделяются на:

- геомеханические;
- гидрогеологические;
- химические;
- физико-механические;
- термические.



К геомеханическим причинам относятся отсыпка, строительство карьеров, деформация поверхности в результате разработки месторождения, хранение отходов шахт и углеобогатительных фабрик. По этим причинам происходит изменение рельефа местности, геологической структуры горного массива, грунтов и почв.

К гидрогеологическим причинам относятся дренирующее воздействие подземных и открытых горных работ на окружающий породный массив и деформация поверхности в связи с дренажем подземных вод, отсыпкой отвалов, строительством карьеров, проведением дренажных горных выработок и др. В результате их воздействия происходит изменение уровня и движения подземных вод, зачастую приводящих к уменьшению запасов подземных вод и другим негативным последствиям.

Химические причины характеризуются эмиссией газов и химически активной пылью, сбросами загрязненных вод, воздействием токсичных компонентов из отвалов и илонакопителей. Они вызывают изменение состава и свойств атмосферного воздуха, вод и почвы.

К физико-механическим причинам относятся сбросы вод, загрязненных реагентами, а также эмиссии пыли и аэрозолей. Эти причины влияют на изменение состава и свойств атмосферного воздуха, вод и почвы.

К термическим причинам относятся загрязнение воздуха горячими газами сушильных установок, сбросы подогретых вод и растворов, их нагнетание в горные массивы, горение породных отвалов и т.п. Эти причины вызывают изменение состава и свойств атмосферного воздуха, а также биологических процессов в воде. В результате термических причин иногда происходит изменение микроклимата.

Все техногенные нарушения природной среды, вызываемые добычей и переработкой полезных ископаемых, подразделяются на два типа:

- 1) ландшафтно-экологические;
- 2) горно-геологические.

Их классификация по объектам, техногенным факторам и результатам воздействия приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

### Техногенные нарушения природной среды

Объект воздействия	Техногенный фактор воздействия	Результат воздействия
<i>Ландшафтно-экологические нарушения</i>		
Структура и природные комплексы ландшафта	Создание значительных по размерам выемок (карьеров) и насыпей (отвалов, хвостохранилищ и пр.); осушение месторождения; строительство сооружений и коммуникаций	Образование техногенного ландшафта (вместо природного); сокращение земельных ресурсов; деформация земной поверхности
Гидросфера	Осушение месторождений; водозабор для технических нужд горного предприятия; сброс шахтных и сточных вод; геохимическое рассеивание токсичных веществ и тяжелых металлов из карьеров, отвалов и хвостохранилищ	Нарушение гидрологического и гидрогеологического режимов водного бассейна; истощение запасов подземных и поверхностных вод; загрязнение и ухудшение качества вод



Объект воздействия	Техногенный фактор воздействия	Результат воздействия
Атмосфера	Совокупность технологических процессов (бурение, взрывание, погрузка горной массы и т.д.) при добыче и переработке полезных ископаемых; обнаженные поверхности карьеров, отвалов и хвостохранилищ	Ухудшение качества воздуха в результате пыления при бурении, погрузочно-транспортных, отвальных и других работах, а также загазирование атмосферы при взрывании пород, переработке полезных ископаемых, горение породных отвалов и др.
Почвы	Создание горных выработок и насыпей (отвалов, хвостохранилищ и пр.); строительство сооружений и коммуникаций; сброс шахтных и сточных вод; геохимическое рассеивание токсичных веществ и тяжелых металлов из карьеров, отвалов и хвостохранилищ	Уничтожение, обеднение, загрязнение и ухудшение качества почв
Флора и фауна	Сброс шахтных и сточных вод в поверхностные водоемы, нарушение гидрологического и гидрогеологического режимов водного бассейна; запыление и загазирование атмосферы; загрязнение почв; деформация земной поверхности, создание выемок и насыпей; производственный шум	Ухудшение условий жизнеобитания растений и животных; сокращение численности диких животных; сокращение площадей сельхозугодий и лесного фонда; снижение урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности лесного хозяйства
<b>Горно-геологические нарушения</b>		
Недра	Проведение горных выработок; искусственное нагружение склонов; осушение месторождения; извлечение полезных ископаемых; захоронение твердых и жидких отходов; принос и аккумуляция естественными водотоками антропогенных грунтов	Изменение природного напряженно-деформированного состояния массива горных пород; затопление и обводнение месторождений; развитие карстовых процессов; сокращение запасов минеральных ресурсов; загрязнение недр; морозное пучение; образование наледей; деградация многолетней мерзлоты; оползни; выдавливания; антропогенные преобразования естественных речных осадков

Основными источниками вредных выбросов на углеобогатительном предприятии являются:

- котельные установки;
- сушильная установка;
- породные действующие отвалы;
- породные недействующие отвалы;
- породные горячие недействующие отвалы;
- илонакопители;
- аспирационные системы;
- участки погрузочно-разгрузочных работ;
- склады рядового угля и угольной продукции;
- открытые ленточные конвейеры вне производственных помещений;
- автотранспорт;



- железнодорожный транспорт;
- установки электросварки;
- установки газосварки;
- покрасочный участок;
- участок флотации.

## **1.2. Шумы и вредные выбросы при обработке угля на обогатительных фабриках**

Шумы. Характерная особенность обогатительных фабрик – большая насыщенность оборудованием, работа которого сопровождается шумом и вибрацией. Шум повышенного уровня неблагоприятно воздействует на организм человека. Степень этого воздействия зависит от характеристики шума и индивидуальной особенности человека. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на нервную систему, вызывая повышение кровяного давления, ослабление внимания.

Существующими нормативами предусматривается предельно допустимый уровень звука равный 85 дБ. Уровень звукового давления на частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц не должен превышать, соответственно, 99, 92, 86, 83, 80, 78, 76, 74 дБ.

Нормируется также значение вибрационной скорости. На частотах 16, 32, 63, 250 Гц вибрационная скорость должна соответствовать 0,15; 0,22; 0,27; 0,35 см/с.

При продолжительности воздействия вибрации не более 20% рабочего времени допускается увеличение вибрационной скорости в 1,5 раза.

Газовые и пылевые выбросы. Основные виды загрязняющих веществ, выбрасываемых углеобогатительными фабриками в атмосферу – угольная и породная пыль, сернистый ангидрид, оксиды углерода, азота, сероводорода.

Объекты выброса вредных веществ – аспирационные системы, котельные установки, сушильные агрегаты, отвалы, илонакопители, объекты хозяйственного назначения.

Пыль образуется от добычи полезных ископаемых, их транспортирования, переработки, отгрузки и доставки потребителю.

Находясь во взвешенном состоянии, пыль оказывает отрицательное влияние на здоровье (селикоз, антропокоз) и при определенных концентрациях может создать взрывоопасные пылевоздушные смеси, кроме того, угольная пыль – это и потери топлива.

Классификация пыли и других вредных веществ по степени воздействия на организм человека

Пыль	Чрезвычайно опасная	Высоко опасная	Умеренно опасная	Мало опасная
Класс опасности	1	2	3	4

Угольная, сланцевая, кварцевая пыли относятся к малоопасной группе.

Содержание пыли в рабочих зонах, т.е. в пространстве высотой 2 м над уровнем пола, где находятся постоянно или временно люди не должно превышать 3 или 4 класс опасности.

Виды пыли в зависимости от крупности частиц



Вид пыли	Крупная	Мелкая	Тонкая	Сверхтонкая
Размер частиц, мкм	100-500	10-100	0,1-10	<0,1

**Взрывоопасность пыли.** Пылевоздушные смеси при определенных условиях могут быть взрывчатыми. Взрываемость угольных сланцевых пылей зависит от крупности, зольности, содержания летучих веществ, концентрации, наличия в смесях кислорода или другого активного газа, содержание летучей серы, влажности смеси.

Взрываемость увеличивается при увеличении выхода летучих, и снижается при повышении влажности и зольности.

При зольности угольной пыли >60% она не опасна по взрыву.

Возможность взрыва пыли определяется по ее концентрации.

112-500 г/м<sup>3</sup> – опасная концентрация;

>1500 г/м<sup>3</sup> и менее 30 г/м<sup>3</sup> – угольная пыль не взрывается.

Чем меньше крупность пыли, тем при меньшей концентрации может произойти взрыв;

70-100 мкм – наиболее опасная;

120-150 мкм угольная

170-200 мкм бурогоугольная

} - невзрывоопасная.

Одна из причин взрыва пыли – чрезмерная ее пересушка в процессе термической сушки концентрата.

Степень взрываемости пыли характеризуется коэффициентом взрываемости  $K_e$ , %

$$K_e = 100(V^r + S_t^r) : [(NV)_c^r + W_t^r + A^r], \tag{1.1}$$

где  $V^r$  - выход летучих веществ, %;  $S_t^r$  - содержание летучей серы в пыли, %;

$(NV)_c^r$  - нелетучий остаток рабочей массы твердого, %;  $W_t^r$  - гигроскопичная влажность пыли, %;  $A^r$  - содержание золы, %.

Классификация пыли по взрываемости приведена в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Класс взрываемости пыли**

Класс взрываемости	№ группы	$K_e$
Не опасная по взрыву	0	0-10
Маловзрывоопасная	I	10-25
Средневзрывоопасная	II	25-35
Повышенная взрывоопасная	III	35-50
Особо взрывоопасная	IV	50-80



Выбросы вредных веществ, в том числе пыли, бывают организованные и неорганизованные.

*Организованные выбросы* осуществляются путем отвода их от мест образования системами газоотходов, воздухоотходов, труб и т.д. и осуществляются, чаще всего, через трубы высотой 30-40, иногда 60 м.

*Неорганизованные выбросы* обусловлены негерметичностью технологического и транспортного оборудования, перегрузочных станций.

Связь между выбросами вредных веществ и числом заболеваний хроническими бронхитами, эмфиземой легких, астмой и другими заболеваниями установлена.

Кроме человека выбросы вредных веществ отрицательно влияют на лесные массивы, сельскохозяйственные культуры и животный мир.

SO<sub>2</sub> в концентрации 1 мг/м<sup>3</sup> понижает фотосинтез у сосны в 2 раза, у лиственных пород листья отмирают уже при концентрации 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

SO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S (сернистый ангидрид и окись серы) – причины ржавчины крыш и оборудования, коррозии. Известно, что 40% мирового выпуска стали идет на покрытие потерь от коррозии.

Нижний предел влажности воздуха, при котором начинается коррозия стальных конструкций 60-75%, алюминиевых – 80%, никелевых и медных – 63-70% .

Диоксид серы наиболее вреден. При концентрации его в воздухе 6 частей на 1 раздражается слизистая поверхность гортани, носа, глаз.

Оксиды азота являются источником образования фотохимического смога.

Диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) – причина парникового эффекта. За каждые 40-60 лет среднегодовая температура приземного слоя повышается на 1%.

### 1.3. Нормирование вредных выбросов в атмосферу

Для принятия мер по снижению вредного влияния газовых выбросов в атмосферу введены ПДК 103 газовых загрязняющих веществ в воздухе населенных пунктов и рабочей зоне, утвержденные Минздравом СССР. Некоторые из них приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

ПДК (мг/м<sup>3</sup>) вредных загрязняющих веществ в воздухе

Компонент	В атмосферном воздухе населенных пунктов		В воздухе рабочей зоны
	максимально разовая	среднесуточная	максимально разовая
Пыль нетоксичная	0,5	0,15	-
Сернистый ангидрид SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	10
Оксид углерода CO <sub>2</sub>	3,0	1,0	20
Оксиды азота в пересчете на диоксид азота NO <sub>2</sub>	0,085	0,085	5

Максимально разовая ПДК вредных веществ устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека при кратковременном воздействии атмо-

сферных примесей, а среднесуточная ПДК – с целью предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и других влияний на человека. Разовые концентрации вредных веществ определяют по пробам воздуха, отобраным в течение 20 мин.

Максимальные концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха не должны превышать значений максимальных разовых ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест. При этом максимальная концентрация  $i$ -го вредного вещества в приземном слое воздуха в зоне рассеивания промышленных выбросов ( $C_{M}^i$ , мг/м<sup>3</sup>) не должна превышать ПДК  $i$ -го вредного вещества в атмосферном воздухе населенных мест.

При одновременном выбросе в атмосферу вредных веществ нескольких типов, обладающих суммацией действия, их концентрация (доли единицы) не должна превышать единицы при расчете по формуле

$$q = C_1 / ПДК_1 + C_2 / ПДК_2 + \dots + C_n / ПДК_n \leq 1, \quad (1.2)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - концентрации вредных веществ в одном месте, мг/м<sup>3</sup>;  $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$  - соответствующие максимально допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Приведенное соотношение может быть представлено в виде

$$C_1 + C_2 \cdot ПДК_1 / ПДК_2 + \dots + C_n ПДК_1 / ПДК_n \leq ПДК_1. \quad (1.3)$$

Это дает возможность значения концентраций  $n$  вредных веществ, обладающих суммацией действия, привести к значению концентрации первого из них, т.е.  $C_1$ .

Эффектом суммации обладают вредные вещества в следующих сочетаниях: сернистый ангидрид и фенол; сернистый ангидрид и диоксид азота; озон, диоксид азота и формальдегид; сернистый ангидрид и сероводород и др.

Для каждого источника выбросов рассчитывают предельно допустимые выбросы (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу, обеспечивающие в своей совокупности с учетом рассеяния в атмосфере требуемые значения ПДК. В случае нагретых выбросов из близко расположенных труб значение ПДВ рассчитывают по формуле

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) H^2}{AFmn\eta} \cdot \sqrt[3]{\frac{V \Delta T}{N}},$$

где  $C_{\phi}$  - фоновая концентрация в данном населенном пункте (определяется по данным наблюдений);  $H$  - высота труб;  $A, \eta$  - коэффициенты, характеризующие, соответственно, неблагоприятные климатические условия и рельеф местности (для ровной местности  $\eta = 1$ );  $F$  - коэффициент, определяющий влияние осадения примеси (для газов  $F = 1$ );  $m, n$  - вспомогательные параметры;  $V$  - объем дымовых газов, выбрасываемых в единицу времени;  $\Delta T$  - перегрев газа относительно окружающего воздуха;  $N$  - число труб.

В табл. 1.4 приведены характеристики основных выбросов вредных веществ с одного горящего породного отвала, а в табл. 1.5 – с котельных установок.



Таблица 1.4

**Характеристика выбросов основных вредных веществ с одного горящего породного отвала (т/год)**

Наименование вещества	Количество выбросов, т/год	Наименование вещества	Количество выбросов, т/год
Сернистый ангидрид (SO <sub>2</sub> )	134	Оксид азота (NO <sub>2</sub> )	13,7
Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	1370	Сероводород (H <sub>2</sub> S)	68,5

Таблица 1.5

**Основные вредные выбросы в атмосферу котельными установка (кг/т, кг/тыс·м<sup>3</sup>)**

Тип котельных и топлива	SO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		NO + NO <sub>2</sub>	
	пределы колебаний	среднее значение	пределы колебаний	среднее значение	пределы колебаний	среднее значение
Промышленные на твердом топливе	3,4-86,7	32,1	3,5-58,2	22,5	0,35-1,52	0,86
Коммунально-бытовые:						
на твердом топливе	3,4-86,7	32,3	3,5-97,6	45,9	-	0,72
на торфе	-	1,8	-	24,0	-	1,2
на мазуте высокосернистом	-	54,9	-	10,0	-	1,8
на мазуте низкосернистом	-	5,9	-	10,0	-	1,8
на природном газе	-	-	-	10,0	-	2,4

**Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте причины воздействия на окружающую среду.
2. Что относится к термическим причинам воздействия на окружающую среду?
3. Что такое техногенные нарушения природной среды? Назовите их типы.
4. Назовите предельно допустимый уровень шума.
5. Назовите основные виды загрязняющих веществ, выбрасываемых углеобогачительными фабриками в атмосферу.
6. Что такое ПДК?
7. Чем отличаются организованные выбросы пыли от неорганизованных?



## **2. ЗАДАНИЕ № 1. РАСЧЕТ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ПОТЕРЬ ГОРЮЧЕЙ МАССЫ С ОТХОДАМИ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ**

Цель раздела: сформировать у студентов современное представление о нормативных и сверхнормативных потерях горючей массы с отходами углеобогащения как по фабрике в целом, так и по отдельным технологическим процессам, изложить алгоритм расчета сверхнормативных потерь.

В разделе приведены общие сведения о потерях горючей массы с отходами углеобогащения, исходные данные к заданию № 1, алгоритм их расчета, пример расчета и контрольные вопросы к разделу.

Студент, основываясь на материале раздела, должен уметь:

- рассчитать сверхнормативные потери горючей массы с отходами углеобогащения на конкретной фабрике;
- определить сверхнормативные потери горючей массы с отходами углеобогащения по основным технологическим процессам: тяжелосредней сепарации, гидравлической отсадке и флотации.

### **2.1. Общие сведения и исходные данные к заданию**

Согласно правилам охраны недр при переработке минерального сырья при производстве работ по обогащению необходимо обеспечить наиболее полные извлечения и учет основных полезных компонентов и предотвращать сверхнормативные потери. Потери угля при обогащении представляют собой ту часть находящегося на учете рядового угля, которая переходит в процессе обогащения в отходы и оттуда не извлекается при последующей переработке при принятой на фабрике технологии и технологической схеме.

Потери делятся на технологические и организационно-технические [2]. Технологические потери зависят от качества поступающего на переработку рядового угля и связаны с принятой технологией обогащения. Причины технологических потерь – угли трудной обогатимости, легкоразмокаемые породы, повышенная влага. Самая главная причина – несовершенство технологических схем обогащения, циркуляционные нагрузки и, как следствие, накопление шламов, снижающих технологические показатели.

Организационно-технические потери связаны с нарушениями технологического процесса, зависят от организации и управления предприятием и не связаны с процессом переработки. Причины организационно-технических потерь: неудовлетворительное состояние и некачественная наладка оборудования, внеплановые остановки, колебания качества сырьевой базы фабрики, работа оборудования с нарушениями технологической инструкции (регламента), аварийные остановки технологического оборудования, неравномерная загрузка обогатительных машин, деградация угля по крупности в результате шламообразования в технологической схеме фабрики [3, 4].

По отчетным данным, потери на обогатительных фабриках и установках определяются согласно Приказу Минтопэнерго России № 26 от 21.01.1993 г. как 1% для ОФ, обогащающих до «0» мм и 0,5% для обогатительных установок.

На некоторых фабриках, по отчетным данным, потери составляют 0%. Этого просто не может быть, так как при проектировании фабрик уже предусматриваются потери за счет взаимозасорения продуктов обогащения.

Проблема снижения потерь актуальна, так как по действующим технологическим схемам практически одна шахта мощностью 2,7 млн. т в год работает на отходы обогащения. Это потери угля в отходах обогащения [2].

Норматив потерь при проектировании новой фабрики определяется по соотношению технической возможности и экономической целесообразности уровня использования рядового угля в процессе обогащения (получение требуемого потребителями качества товарных продуктов), устанавливаемому при анализе и выборе варианта технологического процесса обогащения, в котором обеспечивается максимальная прибыль предприятия с учетом затрат на утилизацию и охрану окружающей среды.

Для действующих предприятий проектные нормативы потерь необходимо пересчитывать по мере изменения сырьевой базы. Проектный норматив потерь для новой и реконструируемой обогатительной фабрики разрабатывается проектной организацией. В проекте предприятия должен предусматриваться раздел по обоснованию норматива потерь рядового угля с отходами обогащения.

Пути снижения потерь:

1) снижение технологических потерь возможно посредством совершенствования существующих и разработки новых методов обогащения, в том числе подготовки угля к обогащению;

2) снижение организационно-технических потерь возможно при улучшении ремонта, обеспечении запасными частями, резервным оборудованием, соблюдении шихты углей для обогащения;

3) разработка и соблюдение технологического регламента;

4) снижение коэффициента шламообразования технологической схемы;

5) создание полностью автоматизированной обогатительной фабрики.

Таким образом, потери угля с отходами обогащения подразделяются на нормативные (те которые являются неизбежными при данной схеме обогащения) и сверхнормативные, которые появляются в результате деятельности человеческого фактора.

Расчет сверхнормативных потерь угля является задачей данного задания.

В качестве исходных данных для расчета сверхнормативных потерь необходимо иметь фракционный состав исходного угля по машинным классам, а также показатели зольности и выхода отходов по обогатительным процессам и по фабрике в целом. Эти данные приведены в табл. 2.1 и 2.2.



Таблица 2.1

**Гранулометрический и фракционный состав рядового угля**

№ варианта	Класс +13 мм								Класс 0,5-13 мм							
	<1,5 т/м <sup>3</sup>		1,5-1,8 т/м <sup>3</sup>		>1,8 т/м <sup>3</sup>		Итого		<1,5 т/м <sup>3</sup>		1,5-1,8 т/м <sup>3</sup>		>1,8 т/м <sup>3</sup>		Итого	
	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	15,2	6,7	3,0	30,3	21,8	86,8	40,0	52,1	25,5	6,7	2,6	25,9	20,5	85,8	48,6	41,1
2	8,8	4,2	1,9	32,9	14,1	82,3	24,8	50,8	38,0	3,7	1,6	28,3	25,4	81,1	65,0	34,6
3	5,0	4,9	1,9	25,8	17,8	75,1	24,7	57,1	35,4	4,9	3,4	24,7	25,8	77,9	64,6	35,1
4	15,8	5,0	3,0	34,2	18,9	86,2	37,7	48,0	27,0	5,8	4,1	32,6	18,8	85,9	49,9	38,2
5	12,7	5,9	1,7	33,4	16,4	83,9	30,8	48,9	30,1	5,9	3,7	29,0	26,4	81,7	60,2	40,5
6	19,2	4,0	1,9	18,1	14,0	84,6	35,1	36,9	32,1	6,3	2,4	22,4	15,8	88,8	50,3	31,4
7	4,6	7,4	0,7	32,4	16,7	75,6	22,0	60,0	34,7	7,7	3,5	31,6	27,2	73,1	65,4	36,2
8	11,8	6,1	1,8	40,9	15,2	82,4	28,8	48,6	37,3	5,2	3,7	41,2	17,7	83,9	58,7	31,2
9	23,1	2,8	2,2	36,5	21,5	79,0	46,8	39,4	26,9	2,6	1,9	36,9	17,2	79,5	46,1	32,8
10	13,9	6,0	0,6	30,2	26,1	79,1	40,6	53,4	30,0	6,3	3,0	24,3	16,1	78,3	49,1	31,0
11	2,2	4,5	0,4	31,3	10,0	79,0	12,6	64,5	31,3	3,7	5,1	22,2	35,4	82,1	71,8	43,7
12	19,1	2,1	5,4	23,2	24,0	79,8	48,5	42,9	22,8	2,2	3,6	26,8	18,1	80,1	44,5	35,9
13	3,4	8,7	0,8	32,5	20,5	78,5	24,7	67,4	22,1	7,8	2,3	33,7	18,6	77,1	43,0	39,2
14	23,8	3,4	2,1	41,6	21,6	82,3	47,5	40,9	28,4	3,2	1,8	34,4	14,1	81,1	44,3	29,3
15	11,8	3,7	0,4	23,8	9,2	85,9	21,4	38,4	35,0	4,2	0,7	22,8	30,0	81,3	65,7	39,6
16	5,2	7,1	1,9	32,5	16,6	79,8	23,7	59,9	32,0	6,6	3,3	34,6	27,7	80,0	63,0	40,3
17	1,6	9,4	1,6	25,9	19,7	78,5	22,9	70,1	35,7	10,5	5,4	20,9	27,7	77,2	68,8	38,2
18	4,9	10,2	1,2	28,7	12,9	79,5	19,0	58,4	35,4	10,3	1,4	28,1	21,1	79,8	59,9	35,2
19	9,2	6,1	1,3	39,6	18,0	84,6	28,5	57,2	37,0	5,5	1,7	38,1	22,8	82,1	61,5	34,8
20	5,5	10,2	1,8	31,3	17,4	82,6	24,7	62,7	33,1	7,3	3,4	30,7	22,2	79,9	58,7	36,1
21	3,1	5,8	0,5	39,4	20,8	79,0	24,4	68,8	28,9	7,2	1,6	31,1	20,4	79,9	50,9	37,1
22	13,1	6,8	2,9	26,6	22,0	86,8	38,0	54,3	25,6	5,2	2,1	26,6	17,9	88,0	45,6	38,6
23	2,2	7,7	1,6	16,7	13,8	82,3	17,6	66,9	36,6	5,2	1,4	26,8	25,5	70,4	63,5	31,9
24	13,5	4,7	7,2	28,0	23,8	86,2	44,5	52,0	21,4	3,2	6,9	29,3	21,3	85,6	49,6	42,2
25	26,6	6,2	0,6	38,6	22,4	79,8	49,6	39,8	22,8	7,9	1,1	38,6	17,6	78,8	41,5	38,8
26	18,3	5,6	2,1	36,3	21,0	87,1	41,4	48,5	25,6	6,6	1,3	37,2	21,4	87,1	48,3	43,1
27	14,3	5,4	4,7	30,3	18,7	84,5	37,7	47,8	26,6	4,8	5,2	28,7	22,3	82,6	54,1	39,2
28	3,0	8,0	3,4	20,0	23,0	75,0	29,4	61,7	24,7	6,4	13,0	15,5	24,5	75,5	62,2	46,2
29	8,5	5,8	1,1	39,0	17,4	83,9	27,0	57,5	37,6	5,0	1,7	37,1	22,2	83,0	61,5	34,0
30	20,0	9,6	2,9	36,9	14,4	84,4	37,3	40,6	35,0	8,8	3,9	34,6	10,6	80,6	49,5	26,2



Продолжение табл. 2.1

№ варианта	Класс 0-0,5 мм								Класс 0-100 мм							
	<1,5 т/м <sup>3</sup>		1,5-1,8 т/м <sup>3</sup>		>1,8 т/м <sup>3</sup>		Итого		<1,5 т/м <sup>3</sup>		1,5-1,8 т/м <sup>3</sup>		>1,8 т/м <sup>3</sup>		Итого	
	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %
1	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	6,0	7,1	0,6	24,3	4,8	84,9	11,4	40,8	46,7	6,8	6,2	27,9	47,1	66,2	100,0	45,5
2	5,0	6,7	0,3	26,7	4,9	80,0	10,2	42,5	51,8	4,1	3,8	30,5	44,4	81,4	100,0	39,4
3	6,2	5,1	0,7	27,8	3,8	70,7	10,7	29,9	46,6	4,9	6,0	25,4	47,4	76,3	100,0	40,0
4	6,4	5,2	1,0	36,3	5,0	83,0	12,4	39,1	49,2	5,5	8,1	33,6	42,7	85,7	100,0	42,0
5	4,0	6,7	0,6	33,8	4,4	79,7	9,0	44,2	46,8	6,0	6,0	30,7	47,2	82,3	100,0	43,4
6	9,9	6,8	0,7	24,2	4,0	72,8	14,6	25,7	61,2	5,7	5,0	21,0	33,8	85,2	100,0	32,5
7	9,0	7,8	0,7	34,2	2,9	70,1	12,6	23,6	48,3	7,7	4,9	32,1	46,8	73,8	100,0	39,9
8	8,3	5,2	0,8	41,0	3,4	75,8	12,5	26,7	57,4	5,4	6,3	41,1	36,3	82,5	100,0	35,6
9	3,5	3,6	0,3	36,6	3,3	78,1	7,1	39,6	53,5	2,8	4,4	36,7	42,0	79,1	100,0	36,4
10	7,0	6,5	0,6	25,9	2,7	75,4	10,3	25,7	50,9	6,2	4,2	25,4	44,9	78,6	100,0	39,5
11	9,3	3,9	1,1	24,1	5,2	76,1	15,6	29,4	42,8	3,8	6,6	23,1	50,6	80,9	100,0	44,1
12	3,1	2,4	0,6	27,3	3,3	81,7	7,0	41,9	45,0	2,2	9,6	24,8	45,4	80,1	100,0	39,7
13	24,6	8,0	1,7	34,2	6,0	71,1	32,4	21,1	50,1	8,0	4,8	33,7	45,1	76,9	100,0	40,3
14	4,1	3,3	0,3	33,3	3,8	78,6	8,2	39,3	56,3	3,3	4,2	37,9	39,5	81,5	100,0	35,6
15	6,8	4,4	0,2	24,3	5,9	81,1	12,9	39,8	53,6	4,1	1,3	23,3	45,1	82,2	100,0	39,6
16	9,6	6,8	0,7	33,8	3,0	80,3	13,3	24,8	46,8	6,7	5,9	33,9	47,3	79,9	100,0	42,9
17	4,8	10,4	0,2	22,4	3,3	74,6	8,3	36,2	42,1	10,4	7,2	22,1	50,7	77,5	100,0	45,3
18	17,5	10,4	0,5	29,3	3,1	75,4	21,1	20,4	57,8	10,3	3,1	28,5	37,1	79,3	100,0	36,5
19	7,4	5,8	0,2	39,2	2,4	80,1	10,0	24,3	53,6	5,6	3,2	38,8	43,2	83,0	100,0	40,1
20	11,4	7,3	1,0	32,1	4,2	74,5	16,6	25,8	50,0	7,6	6,2	31,1	43,8	80,5	100,0	41,0
21	21,4	7,2	0,8	34,8	2,5	74,4	24,7	14,9	53,4	7,1	2,9	33,6	43,7	79,2	100,0	39,3
22	9,6	5,6	0,8	27,9	6,0	80,3	16,4	34,0	48,3	5,7	5,8	26,8	45,9	86,4	100,0	43,8
23	11,9	6,4	0,4	24,3	6,6	69,2	18,9	28,7	50,7	5,6	3,4	21,8	45,9	73,8	100,0	37,5
24	2,1	3,5	1,0	31,7	2,8	83,8	5,9	46,4	37,0	3,8	15,1	28,8	47,9	85,8	100,0	46,8
25	4,0	7,7	0,2	37,4	4,7	78,0	8,9	45,5	53,4	7,0	1,9	38,5	44,7	79,2	100,0	39,9
26	6,0	6,4	0,3	36,8	4,0	85,5	10,3	38,0	49,9	6,2	3,7	36,6	46,4	87,0	100,0	44,8
27	3,6	5,1	0,8	24,3	3,8	83,7	8,2	43,4	44,5	5,0	10,7	29,1	44,8	83,5	100,0	42,8
28	4,3	7,2	1,8	26,3	2,3	78,1	8,4	30,7	32,0	6,7	18,2	17,4	49,8	75,4	100,0	49,5
29	8,7	5,4	0,3	26,7	2,5	77,8	11,5	21,7	54,8	5,2	3,1	36,8	57,0	83,1	100,0	38,9
30	9,3	9,1	1,0	37,6	2,9	83,7	13,2	27,6	64,3	9,1	7,8	35,8	27,9	82,9	100,0	31,7



### Исходные данные к расчету

№ варианта	Код технологии	Показатели								
		Q <sub>исх.</sub> , тыс. т	Зольность отходов, %				Выход отходов, %			
			A <sup>d</sup> <sub>отх.+13</sub>	A <sup>d</sup> <sub>отх.0,5-13</sub>	A <sup>d</sup> <sub>отх.-0,5</sub>	A <sup>d</sup> <sub>отх.</sub>	γ <sub>отх.+13</sub>	γ <sub>отх.0,5-13</sub>	γ <sub>отх.-0,5</sub>	γ <sub>отх.</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Т-О-Ф	1329,4	84,2	81,4	71,2	81,6	14,8	13,9	3,3	32,0
2	О-О-Ф	1691,8	78,3	76,4	69,7	76,2	9,7	24,5	4,2	38,4
3	Т	1575,7	73,8	-	-	73,8	18,4	-	-	18,4
4	Т-О	1941,7	85,3	74,8	-	79,3	19,4	25,9	-	45,3
5	О-О	2138,4	79,3	76,2	-	77,2	12,3	25,8	-	38,1
6	Т-О-Ф	2589,2	83,8	83,1	70,4	82,6	18,2	21,7	2,6	42,5
7	Т-Т-Ф	3287,6	74,8	72,2	68,3	72,3	4,1	27,3	1,9	33,3
8	Т-О	832,3	80,0	81,1	-	80,7	-	-	-	32,9
9	О-О-Ф	3803,1	76,4	73,7	65,4	74,4	17,6	20,5	2,3	40,4
10	Т-О-Ф	4172,4	75,8	73,8	72,3	74,5	17,0	23,9	2,4	43,3
11	Т	2125,6	78,4	-	-	78,4	11,2	-	-	11,2
12	Т-О	2384,0	76,7	76,2	-	76,5	25,6	17,0	-	42,6
13	Т-О-Ф	4172,4	76,3	72,4	70,2	73,6	16,3	21,7	5,3	43,3
14	О-О-Ф	2503,2	78,6	76,3	71,2	77,0	21,2	22,8	3,1	47,1
15	О-О-Ф	1156,2	81,2	77,4	72,5	77,6	8,1	25,8	4,7	38,6
16	О-О-Ф	882,9	76,7	74,8	70,4	75,3	16,0	19,5	2,6	38,1
17	Т-О-Ф	2171,8	76,8	73,3	69,8	73,8	8,9	30,3	2,9	42,1
18	Т	2207,3	78,3	-	-	78,3	15,3	-	-	15,3
19	О-О	1362,7	81,3	76,4	-	78,0	13,2	27,1	-	40,3
20	О	511,0	77,7	-	-	77,7	19,3	-	-	19,3
21	Т-Т-Ф	503,0	77,9	74,5	72,4	75,8	19,4	25,4	2,3	47,1
22	Т-О-Ф	1770,1	85,2	83,3	71,3	82,5	17,8	13,1	5,2	36,1
23	Т-О	2037,0	80,4	65,4	-	68,6	8,6	31,6	-	40,2
24	О-О	2784,4	82,4	80,2	-	81,2	19,3	23,1	-	42,4
25	Т	625,4	77,3	-	-	77,3	25,2	-	-	25,2
26	Т-О-Ф	3882,9	85,2	83,8	73,4	83,3	11,6	25,3	3,5	40,4
27	О-О-Ф	3328,8	78,6	75,4	70,2	76,2	13,6	16,0	3,3	32,9
28	Т-О-Ф	1205,2	73,3	70,4	67,8	71,0	11,98	36,32	1,8	50,1
29	О-О-Ф	3617,1	78,8	76,7	69,2	77,1	15,2	24,6	1,9	41,7
30	О-О-Ф	1209,2	81,1	75,4	72,1	77,4	13,1	18,3	2,2	33,6

Матрица для определения суммарного процента технологически обусловленных (нормативных) потерь беспородной массы в отходах обогащения при различных вариантах технологии приведена в табл. 2.3.



Таблица 2.3

**Матрица для определения суммарного процента технологически обусловленных (нормативных) потерь беспородной массы в отходах обогащения при разных вариантах технологии**

Процессы обогащения (крупного, мелкого, шлама) Код	Машинные классы, мм																Суммарные потери в отходах обогащения	
	Больше 25		Больше 13		6-100		6-25		0,5-13		0,5-100		0-100		0-0,5 (шлам)			
	каменный уголь	антрацит	каменный уголь	антрацит	каменный уголь	антрацит	каменный уголь	антрацит	каменный уголь	антрацит	каменный уголь	антрацит	каменный уголь	антрацит	каменный уголь	антрацит	каменный уголь	антрацит
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ТС	1,0	1,0															1,0	1,0
ТС			1,2	1,5													1,2	1,5
ТС					1,6	1,8											1,6	1,8
ТС-О		1,0						2,0									-	1,6
ТС-О			1,2	1,5					5,9	7,0							4,3	4,7
ТС-О-Ф			1,2	1,5					5,9	7,0					8,0	10,0	5,1	5,2
О			3,6	-													3,6	-
О					4,7	5,4											4,7	5,4
О																	4,7	-
О																	5,9	-
О-Ф										7,0							-	7,5
О-Ф											4,7					8,0	5,5	-
О-О-Ф			4,7						5,9	-					8,0		6,1	-

Примечание. В тех случаях, когда на углеобогатительной фабрике затраты угля с отходами резко отличаются от приведенных в таблице в связи со спецификой вещественного склада рядового угля, нормативные затраты угля могут быть определены индивидуально с разрешения Минуглепрома.



## 2.2. Алгоритм расчета сверхнормативных потерь

Расчет сверхнормативных потерь горючей массы с отходами углеобогащения осуществляется в соответствии с «методикой нормирования потерь угля с отходами углеобогащения» [5].

Исходной информацией для расчета служат данные фракционного состава исходного материала, отчетных данных (форма 5-ТЕК) или специально проведенных исследований. Такой информацией является зольность беспородной массы  $A_{б.м.}^d$  (для угля фракция менее  $1800 \text{ кг/м}^3$ , для антрацита фракция менее  $2000 \text{ кг/м}^3$ ), %; зольность тяжелых фракций  $A_{m.ф.}^d$  (для угля фракции более  $1800 \text{ кг/м}^3$ , для антрацита фракции более  $2000 \text{ кг/м}^3$ ), %; фактическая зольность отходов  $A_{омх.}^d$ , %; выход отходов  $\gamma_{омх.}$ , %; объем переработки  $Q_{исх.}$ , тыс. т; код варианта технологии: Т – тяжело-средняя сепарация, О – отсадка, Ф – флотация.

Гранулометрический и фракционный состав машинных классов рядового угля приведен в табл. 2.1, исходные данные по фактическим показателям работы фабрики – в табл. 2.2. Данные приведены для всех каменных углей, кроме марки «А».

Выход потерь относительно обогащаемого рядового угля (машинного класса)

$$\Delta\gamma_{nom.} = \frac{A_{m.ф.}^d - A_{омх.}^d}{A_{m.ф.}^d - A_{б.м.}^d} \cdot \gamma_{омх.}, \% \quad (2.1)$$

Выход потерь относительно отходов

$$\Delta\gamma_{nom.}^{омх.} = \frac{A_{m.ф.}^d - A_{омх.}^d}{A_{m.ф.}^d - A_{б.м.}^d} \cdot 100, \% \quad (2.2)$$

Нормативные потери определяются по табл. 2.3.

Сверхнормативные потери

$$\Delta = \Delta\gamma_{nom.}^{омх.} - \Delta\gamma_N, \% \quad (2.3)$$

При обогащении двух или нескольких ( $n$ ) машинных классов в разных технологических аппаратах суммарная величина потерь определяется как средневзвешенная со всех машинных классов пропорционально их выходам ( $\gamma_i$ ) в рядовом угле:

$$\Delta\gamma_{nom.}^{омх. \Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta\gamma_{nom.i} \cdot \gamma_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i}, \% \text{ (% от общих отходов)}. \quad (2.4)$$

Суммарная величина нормативных потерь

$$\Delta\gamma_{N\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta\gamma_{Ni} \cdot \gamma_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i}, \% \text{ (% от общих отходов)}. \quad (2.5)$$

Суммарная величина сверхнормативных потерь

$$\Delta\Sigma = \Delta\gamma_{nom.\Sigma}^{omx.} - \Delta\gamma_{N\Sigma}, \% \text{ (% от общих отходов)}. \quad (2.6)$$

Следует считать, что расчетная величина потерь определенная как средневзвешенная по обогащительным процессам с учетом выхода машинных классов, более точно отражает их истинное значение.

Величина потерь горючей массы с отходами углеобогащения в единицах массы за рассматриваемый период времени определяется как:

$$Q_{nom.} = 0,0001 \cdot \gamma_{omx.} \cdot Q_{ucx.} \cdot \Delta\gamma_{nom.}^{omx.}, \text{ т}, \quad (2.7)$$

в том числе сверхнормативные потери

$$Q_{nom.чн.} = 0,0001 \cdot \gamma_{omx.} \cdot Q_{ucx.} \cdot \Delta\Sigma, \text{ т}. \quad (2.8)$$

### 2.3. Пример расчета сверхнормативных потерь

**Задание:** Определить количество сверхнормативных потерь горючей массы с отходами производства при обогащении рядовых углей на фабрике в соответствии с условиями варианта № 1, изложенными в табл. 2.1-2.3.

Используя данные табл. 2.1 и 2.2 составляем исходную информацию по фабрике для определения сверхнормативных потерь горючей массы в целом по фабрике.

Зольность беспородных фракций

$$A_{б.м.}^d = \frac{A_{<1,5}^d \cdot \gamma_{<1,5} + A_{1,5-1,8}^d \cdot \gamma_{1,5-1,8}}{\gamma_{<1,5} + \gamma_{1,5-1,8}} = \frac{6,8 \cdot 46,7 + 27,9 \cdot 6,2}{46,7 + 6,2} = 9,3\%,$$

где  $A_{<1,5}^d = 6,8\%$  - зольность угольных фракций, (табл. 2.1, к. 27);  $\gamma_{<1,5} = 46,7\%$  - выход угольных фракций (табл. 2.1, к. 26);  $A_{1,5-1,8}^d = 27,9\%$  - зольность промежуточных фракций (табл. 2.1, к. 29);  $\gamma_{1,5-1,8} = 6,2\%$  - выход промежуточных фракций (табл. 2.1, к. 28).



Зольность тяжелых фракций (табл. 1.1, к. 31)

$$A_{m.ф.}^d = 86,2\% .$$

Фактическая зольность отходов (табл. 1.2, к. 7)

$$A_{отх.}^d = 81,6\% .$$

Фактический выход отходов (табл. 2.2, к. 11)

$$\gamma_{отх.} = 32,0\% .$$

Код технологии обогащения (табл. 2.2, к. 2)

ТС-О-Ф.

Исходная информация размещается в табл. 2.4.

Таблица 2.4

### Исходная информация по фабрике

Показатели, единица размерности	Тип угля	
	Уголь каменный	
	Обозначение	Величина
Зольность беспородных фракций, %	$A_{б.м.}^d$	9,3
Зольность тяжелых фракций, %	$A_{m.ф.}^d$	86,2
Фактическая зольность отходов, %	$A_{отх.}^d$	81,4
Фактический выход отходов, %	$\gamma_{отх.}$	32,0
Код технологии	ТС-О-Ф	

Выход потерь беспородной массы в отходах фабрики (уравнение 2.2)

$$\Delta \gamma_{ном.}^{отх.} = \frac{86,2 - 81,4}{86,2 - 9,3} \cdot 100 = 6,2\% .$$

Для обогащения каменного угля в соответствии с Кодом технологии фабрики принимаем величину суммарного процента нормативных потерь (табл. 2.3, к. 18)

$$\Delta \gamma_{ном.}^{отх.} = 5,1\% .$$

Сверхнормативные потери горючей массы в отходах обогащения фабрики составляют

$$\Delta = \Delta \gamma_{ном.}^{отх.} - \Delta \gamma N_{\Sigma} = 6,2 - 5,1 = 1,1\% .$$

Определение сверхнормативных потерь по технологическим процессам.

Используя данные табл. 1.1 и 1.2 составляем информацию по фабрике для определения сверхнормативных потерь при обогащении машинных классов различными технологическими процессами.

Исходя из кода технологии (табл. 1.2, к. 2) определяем, что крупный машинный класс крупностью +13 мм обогащается методом тяжелосредной сепарации (Т), мелкий – методом гидравлической отсадки (О), шлам – методом флотации (Ф).

Определение информации по обогащению крупного машинного класса методом тяжелосредной сепарации.

Выход машинного класса крупностью +13 мм

$$\gamma_{+13} = 40\% \text{ (табл. 2.1, к. 8).}$$

Зольность беспородных фракций

$$\begin{aligned} A_{\text{б.м.}(+13)}^d &= \frac{A_{<1,5(+13)}^d \cdot \gamma_{<1,5(+13)} + A_{1,5-1,8(+13)}^d \cdot \gamma_{1,5-1,8(+13)}}{\gamma_{<1,5(+13)} + \gamma_{1,5-1,8(+13)}} = \\ &= \frac{6,7 \cdot 15,2 + 30,3 \cdot 3,0}{15,2 + 3,0} = 10,6\%, \end{aligned}$$

где  $A_{<1,5(+13)}^d = 6,7\%$  - зольность угольных фракций в классе +13 мм (табл.2.1, к.3);

$\gamma_{<1,5(+13)} = 15,2\%$  - выход угольных фракций в классе +13 мм (табл. 2.1, к. 2);

$A_{1,5-1,8(+13)}^d = 30,3\%$  - зольность промежуточных фракций в классе +13 мм (табл. 2.1,

к. 5);  $\gamma_{1,5-1,8(+13)} = 3,0\%$  - выход промежуточных фракций в классе +13 мм (табл. 2.1, к. 4).

Зольность тяжелых фракций в классе +13 мм

$$A_{\text{т.ф.}(+13)}^d = 86,8\% \text{ (табл. 2.1, к. 7).}$$

Фактическая зольность отходов при обогащении класса +13 мм

$$A_{\text{отх.}(+13)}^d = 84,2\% \text{ (табл. 2.2, к. 4).}$$

Фактический выход отходов при обогащении класса +13 мм

$$\gamma_{\text{отх.}(+13)} = 14,8\% \text{ (табл. 2.2, к. 8).}$$

Нормативные потери при обогащении класса +13 мм

$$\Delta\gamma_{\text{ном.Н}(+13)}^{\text{отх.}} = 1,2\% \text{ (табл. 2.3, к. 4).}$$



Определение информации по обогащению мелкого машинного класса методом гидравлической отсадки.

Выход машинного класса крупностью 0,5-13 мм

$$\gamma_{0,5-13} = 48,6\% \text{ (табл. 2.1, к. 16).}$$

Зольность беспородных фракций

$$\begin{aligned} A_{б.м.(0,5-13)}^d &= \frac{A_{<1,5(0,5-13)}^d \cdot \gamma_{<1,5(0,5-13)} + A_{1,5-1,8(0,5-13)}^d \cdot \gamma_{1,5-1,8(0,5-13)}}{\gamma_{<1,5(0,5-13)} + \gamma_{1,5-1,8(0,5-13)}} = \\ &= \frac{6,7 \cdot 25,5 + 25,9 \cdot 2,6}{25,5 + 2,6} = 8,5\%, \end{aligned}$$

где  $A_{<1,5(0,5-13)}^d = 6,7\%$  - зольность угольных фракций в классе 0,5-13 мм (табл.2.1, к.11);  $\gamma_{<1,5(0,5-13)} = 25,5\%$  - выход угольных фракций в классе 0,5-13 мм (табл. 2.1, к.10);  $A_{1,5-1,8(0,5-13)}^d = 25,9\%$  - зольность промежуточных фракций в классе 0,5-13 мм (табл. 2.1, к. 5);  $\gamma_{1,5-1,8(0,5-13)} = 2,6\%$  - выход промежуточных фракций в классе 0,5-13 мм (табл. 2.1, к.12).

Зольность тяжелых фракций в классе 0,5-13 мм

$$A_{т.ф.(0,5-13)}^d = 85,8\% \text{ (табл. 2.1, к. 15).}$$

Фактическая зольность отходов при обогащении класса 0,5-13 мм

$$A_{отх.(0,5-13)}^d = 81,4\% \text{ (табл. 2.2, к. 5).}$$

Фактический выход отходов при обогащении класса 0,5-13 мм

$$\gamma_{отх.(0,5-13)} = 13,9\% \text{ (табл. 2.2, к. 9).}$$

Нормативные потери при обогащении класса 0,5-13 мм

$$\Delta\gamma_{ном.N(0,5-13)}^{отх.} = 5,9\% \text{ (табл. 2.3, к. 10).}$$

Определение информации по обогащению шлама крупностью -0,5 мм методом флотации.

Выход машинного класса крупностью -0,5 мм

$$\gamma_{-0,5} = 11,4\% \text{ (табл. 2.1, к. 24).}$$



Зольность беспородных фракций

$$A_{б.м.(-0,5)}^d = \frac{A_{<1,5(-0,5)}^d \cdot \gamma_{<1,5(-0,5)} + A_{1,5-1,8(-0,5)}^d \cdot \gamma_{1,5-1,8(-0,5)}}{\gamma_{<1,5(-0,5)} + \gamma_{1,5-1,8(-0,5)}} =$$
$$= \frac{7,1 \cdot 6,0 + 24,3 \cdot 0,6}{6,0 + 0,6} = 8,7\%,$$

где  $A_{<1,5(-0,5)}^d = 7,1\%$  - зольность угольных фракций в классе -0,5 мм (табл.2.1, к.19);  $\gamma_{<1,5(-0,5)} = 6,0\%$  - выход угольных фракций в классе -0,5 мм (табл. 2.1, к. 18);  $A_{1,5-1,8(-0,5)}^d = 24,3\%$  - зольность промежуточных фракций в классе -0,5 мм (табл. 2.1, к. 21);  $\gamma_{1,5-1,8(-0,5)} = 0,6\%$  - выход промежуточных фракций в классе -0,5 мм (табл. 2.1, к.20).

Зольность тяжелых фракций в классе -0,5 мм

$$A_{т.ф.(-0,5)}^d = 84,9\% \text{ (табл. 2.1, к. 23).}$$

Фактическая зольность отходов при обогащении класса -0,5 мм

$$A_{отх.(-0,5)}^d = 71,2\% \text{ (табл. 2.2, к. 6).}$$

Фактический выход отходов при обогащении класса -0,5 мм

$$\gamma_{отх.(-0,5)} = 3,3\% \text{ (табл. 2.2, к. 10).}$$

Нормативные потери при обогащении класса -0,5 мм

$$\Delta\gamma_{ном.N(-0,5)}^{отх.} = 8,0\% \text{ (табл. 2.3, к. 16).}$$

Исходная информация по процессам помещается в табл. 2.5.

Определение потерь горючей массы в отходах каждого технологического процесса осуществляется по уравнению 2.2.

Выход потерь беспородной массы в отходах:  
тяжелосреднего обогащения (класс +13 мм)

$$\Delta\gamma_{ном.(+13)}^{отх.} = \frac{86,8 - 84,2}{86,8 - 8,5} \cdot 100 = 3,3\% ;$$



### Исходная информация по процессам

Показатели, единица измерения	Обозначение	Величина		
		Крупный машинный класс (+13 мм)	Мелкий машинный класс (0,5-13 мм)	Шлам (0-0,5 мм)
Выход машинного классу, %	$\gamma_i$	40,0	48,6	11,4
Метод обогащения		тяжелые среды	отсадка	флотация
Зольность беспородной массы ( $<1800 \text{ кг/м}^3$ ), %	$A_{б.м.i}^d$	8,5	10,6	8,7
Зольность тяжелых фракций ( $>1800 \text{ кг/м}^3$ ), %	$A_{м.ф.i}^d$	86,8	85,8	84,9
Выход отходов обогащения, % от исходного угля	$\gamma_{омх.i}$	14,8	13,9	3,3
Фактическая зольность отходов, %	$A_{омх.i}^d$	84,2	81,4	71,2
Нормативные потери	$\Delta\gamma_{ном.Ni}^{омх.}$	1,2	5,9	8,0

отсадка (класс 0,5-13 мм)

$$\Delta\gamma_{ном.(0,5-13)}^{омх.} = \frac{85,8 - 81,4}{85,8 - 10,69} \cdot 100 = 5,9\%;$$

флотация (класс -0,5 мм)

$$\Delta\gamma_{ном.(-0,5)}^{омх.} = \frac{84,9 - 71,2}{84,9 - 8,7} \cdot 100 = 20,0\%.$$

Средневзвешенные потери определяются по уравнению 2.4.

Средневзвешенные потери суммарно по всем процессам определяются по уравнению 2.4:

$$\Delta\gamma_{ном.Σ}^{омх.} = \frac{3,3 \cdot 40,0 + 5,9 \cdot 48,6 + 20,0 \cdot 11,4}{100} = 6,5\%.$$

Средневзвешенные нормативные потери суммарно по всем процессам определяются по уравнению 2.5:

$$\Delta\gamma_{ном.Σ}^{омх.} = \frac{1,2 \cdot 40,0 + 5,9 \cdot 48,6 + 8,0 \cdot 11,4}{100} = 4,3\%.$$



Суммарный процент сверхнормативных потерь по фабрике, относительно отходов, определяется по уравнению 2.6:

$$\Delta \Sigma = 6,5 - 4,3 = 2,2\%.$$

Величина потерь горючей массы с отходами углеобогащения в единицах массы определяется по уравнению 2.7:

$$Q_{ном.} = 0,0001 \cdot \gamma_{отх.} \cdot Q_{исх.} \cdot \Delta \gamma_{ном.}^{отх.} = 0,0001 \cdot 32,0 \cdot 1329,4 \cdot 6,5 = 27,65 \text{ тыс.т.},$$

где  $Q_{исх.} = 1329,4$  тыс. т – нагрузка на фабрику (табл. 2.2, к. 3);  $\gamma_{отх.} = 32,0\%$  – выход отходов на фабрике (табл. 2.2, к. 11).

Величина сверхнормативных потерь определяется по уравнению 2.8:

$$Q_{ном.сн.} = 0,0001 \cdot \gamma_{отх.} \cdot Q_{исх.} \cdot \Delta \Sigma = 0,0001 \cdot 32,0 \cdot 1329,4 \cdot 2,2 = 9,36 \text{ тыс.т.}$$

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое технологические и организационно-технические потери?
2. Назовите причины потерь горючей массы с отходами углеобогащения.
3. Что такое нормативные и сверхнормативные потери?
4. Отличаются ли значения сверхнормативных потерь друг от друга при расчете их по фабрике в целом и по технологическим процессам?
5. Назовите способы снижения потерь горючей массы на современных углеобогатительных фабриках.



### **3. ЗАДАНИЕ № 2. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УГЛЯ**

Цель раздела: сформировать у студентов современное представление о количестве выбросов загрязняющих веществ при обогащении угля; дать разъяснение о показателях эмиссии загрязняющих веществ; изложить алгоритм расчета количества выбросов загрязняющих веществ при обогащении угля.

В разделе приведены общие сведения о показателях эмиссии вредных веществ при выбросах загрязняющих веществ, исходные данные к заданию № 2, алгоритм расчета, пример расчета и контрольные вопросы к разделу.

Студент, основываясь на материале раздела, должен уметь:

- выбрать показатели эмиссии загрязняющих веществ при обогащении угля;
- рассчитать количество выбросов загрязняющих веществ при обогащении угля, в соответствии с заданными исходными данными.

#### **3.1. Общие сведения и исходные данные к заданию**

Расчет количества вредных выбросов при обогащении рядовых углей на обогатительных фабриках осуществляется в соответствии с «Отраслевой методикой расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче и переработке угля» [6].

К организованным источникам загрязнений воздушного бассейна при обогащении угля относятся:

- котельные;
- сушильные отделения;
- аспирационные системы.

К неорганизованным источникам загрязнений относятся:

- породные отвалы;
- открытые склады рядового угля и концентрата;
- погрузочно-разгрузочные работы;
- илонакопители.

Основными вредными веществами в выбросах перечисленных источников являются твердые частицы, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота (в пересчете на диоксид азота), сероводород (для породных отвалов), оксиды ванадия (при сжигании в котлоагрегатах мазута).

Исходной информацией для расчета служат данные по работе углеобогатительного предприятия с указанием объемов переработки рядового угля и времени работы; параметры котельных установок с расходом сжигаемого угля и КПД пылеулавливания, аспирационных установок с производительностью и КПД пылеулавливания, сушильных установок с расходом просушенного сжигаемого в топках угля и КПД пылеулавливания; показатели площади поверхности породных отвалов с указанием времени прекращения подачи породы и наличия очагов возгорания; открытых складов угля с занимаемой площадью, влажностью продуктов и скоростью ветра; илонакопителей с занимаемой площадью и процентом пляжной зоны; погрузочно-транспортных работ с указанием механизмов, влажности продуктов и высоты их сброса, а также скорости ветра.

Исходные данные по источникам выбросов для условной углеобогатительной фабрики по вариантам приведены в табл. 3.1-3.3.



Таблица 3.1

**Исходные данные по вариантам при переработке углей марки «Г»**

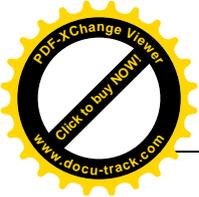
№ варианта	Общие данные						Действующий породный отвал				
	Коэффициент шламооб-разования угля $K_{ш}$ , д.с.	Скорость ветра $V_{в}$ , м/с	Кол-во дней снежного покрова $T_c$ , дней	Максимальная высота пересяпа $H_{пер}$ , м	Годовой объем переработки $Q_{п.г.}$ , тыс.т/год	Время работы фабрики $T_{ф}$ , ч/год	Количество породы $P$ , м <sup>3</sup> /год	Влажность породы $W_n$ , %	Площадь пылящей поверхности отвала $S_o$ , м <sup>2</sup>	КПД пылеподавления $\eta_o$ , д.с.	Тип оборудования, формирование отвала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,10	6,0	180	1,5	3500	6000	162400	11,5	130000	0	Бульдозер
2	0,09	4,0	120	1,7	3400	7000	180000	10,0	140000	0,2	ОШР
3	0,08	5,0	140	1,6	3200	6100	140000	9,8	150000	0,3	Драглайн ЭШ-15/90
4	0,07	3,0	130	1,4	3100	6200	190000	9,5	160000	0,4	Драглайн ЭШ-10/70
5	0,06	3,5	150	1,3	3000	6300	200000	9,0	170000	0,2	Драглайн ЭШ-4/40
6	0,05	4,5	160	1,5	2900	6400	210000	8,5	180000	0,1	Автосамосвал
7	0,06	5,5	170	1,4	2800	6500	220000	12,3	190000	0,3	Бульдозер
8	0,07	6,0	180	1,5	2700	6600	230000	13,4	200000	0	ОШР
9	0,08	7,0	175	1,3	2600	6700	240000	11,7	220000	0	Драглайн ЭШ-20/90
10	0,09	6,5	165	1,6	2500	6800	250000	15,4	220000	0	Драглайн ЭШ-6/45
11	0,10	5,4	155	1,4	2600	6900	260000	9,9	230000	0,1	Бульдозер
12	0,11	3,2	150	1,7	2700	7000	270000	9,8	240000	0,2	ОШР
13	0,09	3,7	140	1,6	2800	7000	280000	10,3	250000	0,3	Бульдозер
14	0,08	4,1	145	1,5	2900	6900	290000	11,4	260000	0,4	ОШР
15	0,07	4,2	135	1,3	3000	6800	300000	14,3	270000	0,4	Драглайн ЭШ-15/90
16	0,06	5,3	130	1,4	3100	6700	310000	15,3	280000	0,3	Бульдозер
17	0,05	5,2	140	1,5	3200	6600	320000	13,9	290000	0,2	ОШР
18	0,10	5,1	170	1,6	3300	6500	330000	9,7	300000	0,1	Автосамосвал
19	0,11	5,0	180	1,7	3400	6400	340000	13,2	310000	0	Драглайн ЭШ-10/70
20	0,09	2,7	165	1,7	5500	6300	350000	12,4	320000	0	ОШР
21	0,08	2,9	170	1,6	3600	6200	360000	12,7	330000	0,1	Бульдозер
22	0,07	3,1	150	1,5	3500	6100	370000	13,6	340000	0,2	Бульдозер
23	0,06	3,3	155	1,4	3400	6000	380000	13,9	350000	0,3	ОШР
24	0,05	3,7	145	1,3	3300	6200	390000	12,1	360000	0,4	Драглайн ЭШ-20/90
25	0,06	3,9	140	1,3	3200	6400	400000	11,7	370000	0,3	Драглайн ЭШ-4/40
26	0,07	4,1	180	1,4	3100	6600	410000	11,9	380000	0,2	Бульдозер
27	0,08	4,3	175	1,7	3000	6800	420000	10,9	390000	0,1	ОШР
28	0,09	4,6	135	1,8	2900	7000	430000	10,9	400000	0	Бульдозер
29	0,10	4,8	185	1,9	2800	7100	440000	4,8	130000	0	ОШР
30	0,11	5,2	190	2,0	2500	6100	450000	13,1	180000	0,1	Бульдозер

Продолжение табл. 3.1



№ варианта	Не действующий горящий отвал				Открытый ленточный конвейер				Склад угля							
	Площадь пылящей поверхности отвала $S_{от}$ , м <sup>2</sup>	КПД пылеподавления $\eta_{от}$ , д.е.	КПД мероприятий по снижению очагов горения $\eta_{ог}$ , д.е.	Кол-во полных лет, прошедших после прекращения эксплуатации отвала $T_{от}$ , лет	Длина ленточного конвейера $L_{лк}$ , м	Ширина ленты $B_{лк}$ , м	Время работы, $T_{лк}$ ч/год.	КПД пылеподавления $\eta_{лк}$ , д.е.	Влажность $W^h$ , %	Нагрузка $G$ , т/ч	Крупность, мм	Поверхность пыления в плане $F$ , м <sup>2</sup>	Фактическая поверхность $F_{факт}$ , м <sup>2</sup>	Открытость складских сторон	Коэффициент пылеподавления	
1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1	130000	0	0	1	1000	1,4	6000	0,8	6,0	7,0	10-50	1000	1400	4	0	
2	140000	0,05	0	2	600	1,4	5500	0,85	6,5	10,0	0-1	1100	1450	3	0	
3	150000	0,08	0,15	3	700	1,6	6200	0,87	7,0	8,5	1-3	1200	1470	2	0	
4	160000	0,10	0,20	4	800	1,4	6300	0,89	7,2	7,6	3-5	1300	1520	1	0	
5	170000	0,15	0,25	5	900	1,6	6400	0,90	8,0	8,4	5-10	1400	1580	0	0	
6	180000	0,13	0,15	5	1000	1,6	6500	0,91	8,5	9,2	10-50	1500	1840	0	0	
7	190000	0,13	0,1	4	1100	1,4	6700	0,92	8,2	9,6	50-100	1600	1970	1	0	
8	200000	0,12	0,30	3	1100	1,4	5600	0,93	8,4	12,3	50-100	1700	2010	2	0	
9	130000	0,11	0	2	1000	1,6	5700	0,94	8,1	15,4	25-100	1800	2110	3	0	
10	150000	0,10	0	1	600	1,4	5800	0,95	7,9	13,2	25-50	1900	2320	4	0	
11	170000	0,09	0	1	700	1,6	5900	0,94	8,3	11,6	10-25	2000	2400	4	0	
12	190000	0,08	0,25	1	800	1,6	6000	0,93	7,5	10,5	5-10	2100	2500	3	0	
13	210000	0,05	0,30	2	900	1,4	5000	0,92	8,5	9,3	3-5	2200	2620	3	0	
14	220000	0	0,35	2	600	1,6	5100	0,91	7,3	8,4	1-3	2300	2580	2	0	
15	230000	0	0,15	3	700	1,4	5200	0,90	7,6	7,5	3-7	2400	2900	2	0	
16	240000	0	0,10	3	800	1,4	5300	0,89	7,9	7,9	0-10	2500	3000	1	0	
17	250000	0,15	0,05	4	600	1,2	5400	0,88	6,6	7,6	0-50	2600	3300	1	0	
18	260000	0,14	0	4	600	1,4	5500	0,86	6,8	8,1	0-100	2700	3600	4	0	
19	270000	0,13	0	5	600	1,6	5600	0,85	6,9	8,9	3-10	2800	3900	4	0	
20	280000	0,12	0,15	5	800	1,2	5700	0,84	7,1	10,2	3-50	2900	4200	4	0	
21	290000	0,11	0,25	6	800	1,4	5800	0,83	7,3	13,4	5-10	3000	4600	4	0	
22	300000	0,10	0,35	6	800	1,6	5900	0,82	7,5	12,5	5-50	2800	3800	3	0	
23	290000	0	0,30	2	900	1,4	6000	0,81	7,9	16,3	5-100	2600	3700	3	0	
24	270000	0	0,20	2	900	1,6	6100	0,80	8,3	20,4	0-1	2400	3680	3	0	
25	31000	0,10	0,10	3	1000	1,4	6200	0,78	10,2	18,6	0-3	2200	3520	3	0	
26	320000	0,11	0,20	3	1000	1,6	6300	0,76	9,4	17,5	1-3	2000	3470	2	0	
27	330000	0,12	0,30	1	1100	1,4	6400	0,74	10,5	15,4	5-10	1800	2900	2	0	
28	340000	0,13	0	0	1100	1,6	6500	0,72	11,3	16,7	0-10	1600	2800	2	0	
29	350000	0,14	0	1	500	1,2	6600	0,70	10,8	18,4	10-50	1400	2600	2	0	
30	360000	0,15	0	0	600	1,2	6700	0,65	7,6	19,2	0-50	1200	1920	1	0	

Продолжение табл. 3.1



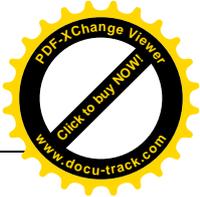
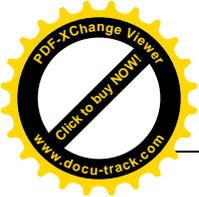
№ варианта	Сушильная установка			Погрузочно-разгрузочные работы		Аспирационная система				Илонакопитель		
	Время работы $T_{cy}$ , час/год	Среднегодовой расход топлива, $Q_{cy}$ , т/год	Низшая теплота сгорания топлива $Q^r$ , МДж/кг	Кол-во отгружаемого уг-ля $Q_n$ , т/год	Влажность $W^r$ , %	Мощность аспирационной системы $V_a$ , н·м <sup>3</sup> /ч	Время работы аспирационной системы $T_a$ , ч/год	Концентрация твердых частиц в отходящем воздухе $C_a$ , г/н·м <sup>3</sup>	КПД улавливания $\eta_a$ , д.с.	Площадь илонакопителя $F_{ил}$ , м <sup>2</sup>	Коэффициент пляжной зоны $f_{пл}$ , д.с	Влажность верхнего слоя материала $W_{пл}$ , %
1	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	2300	1733	17,5	1200000	8,5	27500	3219	4,4	0,85	81000	0,6	13,6
2	2400	2000	16,5	1300000	9,0	30000	3400	3,3	0,82	70000	0,7	10,3
3	2450	1800	16,8	1500000	9,3	32000	3620	0,1	0,75	71000	0,8	9,8
4	2500	1850	16,9	1400000	8,5	26000	3500	0,2	0,68	72000	0,9	9,7
5	2310	1900	17,0	1600000	8,4	26500	3280	0,3	0,72	73000	0,7	8,3
6	2420	1950	17,1	1650000	8,8	28000	3190	0,5	0,71	74000	0,8	8,5
7	2330	2000	17,2	1550000	7,2	28500	3250	0,7	0,85	75000	0,6	11,7
8	2340	2010	17,3	1600000	10,3	29000	3270	1,1	0,87	76000	0,5	9,3
9	2380	2020	17,4	1650000	11,4	29500	4000	1,2	0,92	77000	0,4	8,4
10	2400	2030	17,5	1700000	9,2	30000	4200	1,3	0,91	78000	0,5	6,5
11	2420	2040	17,6	1750000	8,8	30500	4100	1,4	0,89	79000	0,4	6,7
12	2450	2050	17,7	1750000	7,3	31000	4300	1,5	0,83	80000	0,6	9,3
13	2500	2150	17,8	1600000	7,8	31500	4280	1,6	0,81	81000	0,4	10,8
14	2520	2170	17,9	1650000	8,1	33000	4520	1,7	0,79	82000	0,7	12,4
15	2550	2180	17,8	1500000	9,2	35500	4580	1,8	0,77	83000	0,8	16,5
16	2600	2200	17,7	1550000	8,5	36500	4620	1,9	0,75	84000	0,9	12,4
17	2620	2250	17,6	1400000	9,3	37500	4630	2,0	0,73	85000	0,7	10,3
18	2640	2300	17,5	1450000	10,2	38500	3270	2,1	0,71	86000	0,8	9,8
19	2670	2350	17,4	1300000	11,6	39000	3100	2,2	0,69	87000	0,6	7,9
20	2650	2360	17,3	1350000	7,3	40000	3710	2,3	0,81	88000	0,5	8,1
21	2680	2400	17,2	1350000	6,8	25200	3820	2,4	0,85	89000	0,4	8,5
22	2700	2450	17,1	1400000	5,4	26300	3940	2,5	0,87	90000	0,5	8,9
23	2710	2480	17,0	1450000	9,3	27400	4050	2,6	0,89	91000	0,6	11,2
24	2730	2500	16,9	1500000	6,8	27600	4120	2,7	0,91	92000	0,7	5,9
25	2550	2400	16,8	1550000	7,2	28200	4310	2,8	0,83	93000	0,8	13,4
26	2580	2300	16,7	1600000	7,5	28600	4440	2,9	0,85	94000	0,7	14,5
27	2600	2200	16,6	1650000	7,7	29300	4500	3,0	0,65	95000	0,6	16,8
28	2650	2500	16,5	1700000	8,0	30500	2790	3,1	0,69	96000	0,5	9,3
29	2700	2550	16,4	1750000	8,5	32100		3,2	0,72	97000	0,4	8,7
30	2750	2600	16,0	1800000	9,0	34800		3,9	0,78	98000	0,4	7,2

Таблица 3.2  
Исходные постоянные данные для расчета выбросов загрязняющих веществ

**от сушильных установок**

Обозначение и наименование показателей	Численные значения
<b>а) для расчета оксидов азота</b>	
$(k_{NOx})_0$ , показатель эмиссии оксидов азота без учета мероприятий по снижению выбросов, г/ГДЖ	250
$Q_{\phi}$ , факт. Тепловая мощность энергетической установки МВт	10,467
$Q_n$ , ном. Тепловая мощность энергетической установки, МВт	11,630
$z$ , эмпирический коэффициент, который зависит от вида энергетической установки, ее мощности, типа топлива и т.п.	1,15
$f_n$ , степень уменьшения выброса $NO_x$	0,886
$\eta_I$ , эффективность первичных (режимно-технологических) мер сокращения выбросов	0
$\eta_{II}$ , эффективность вторичных мер (азотоочистные установки)	0
$\beta$ , коэффициент работы азотоочистной установки	0
<b>б) для расчета выбросов сернистого ангидрида</b>	
$S'$ , содержание серы в топливе на рабочую массу, %	3,2
$\eta_I$ , эффективность связывания серы золой или сорбентом в энергетической установке	0,05
$\eta_{II}$ , эффективность очистки дымовых газов от оксидов серы	0,0
$\beta$ , коэффициент работы сероочистной установки	0
<b>в) для расчета выбросов оксида углерода</b>	
$k_{CO}$ , показатель эмиссии оксида углерода, г/Дж	121
<b>г) для расчета выбросов диоксида углерода</b>	
$C$ , массовое содержание углерода в топливе, %	44
$A'$ , массовое содержание золы в топливе на рабочую массу, %	34,6
$a_{вин}$ , часть золы, которая удаляется в виде летучей золы	0,8
$\Gamma_{вин}$ , массовое содержание горючих веществ в уносе твердых частиц, %	1,5
$\Gamma_{шл}$ , массовое содержание горючих веществ в шлаке, %	0,5

Продолжение табл. 3.2



Обозначение и наименование показателей	Численные значения
<b>д) для расчета выбросов твердых частиц</b>	
$A'$ , массовое содержание золы в топливе на рабочую массу, %	34,6
$a_{вин}$ , часть золы, которая удаляется в виде летучей золы	0,8
$Q_c$ , теплота сгорания углерода до $CO_2$ , МДж/кг	32,68
$\Gamma_{ун}$ , массовое содержание горючих веществ в уносе твердых частиц, %	1,5
$q_4$ , потери тепла, связанные с механическим недожогом топлива, %	0
$\eta_{зг}$ , эффективность очищения дымовых газов	0,994
$k_{m6S}$ , показатель эмиссии твердых продуктов взаимодействия сорбента и оксидов серы и твердых частиц сорбента, г/ГДж	0
<b>е) для расчета выбросов тяжелых металлов</b>	
$C_{в.м.}$ , массовое содержание тяжелого металла в топливе, мг/кг	см. табл. 3.3
$a_{вин}$ , часть золы, которая выходит из котла в виде летучей золы	0,8
$f_{зб}$ , коэффициент обогащения тяжелого металла	см. табл. 3.3
$\eta_{зг}$ , эффективность золоулавливающей установки	0,994
$f_2$ , часть тяжелого металла, которая выходит в газообразной форме	см. табл. 3.3.
$\eta_{зг}$ , эффективность улавливания газообразной фракции тяжелого металла в золоулавливающей установке	0
<b>ж) для расчета выбросов оксида азота</b>	
$k_{N2O}$ , показатель эмиссии оксида азота, г/ГДж	56
<b>з) для расчета выбросов метана</b>	
$K_{CH_4}$ , показатель эмиссии метана, г/ГДж	1,0

Таблица 3.3



Таблица 3.3

Содержание тяжелых  $C_{в.м.}$  металлов в рабочей массе топлива и параметры  $f_{зб}$  и  $f_z$ 

№ варианта	Тяжелые металлы																										
	As			Cd			Cr			Cu			Hg			Ni			Pb			Se			Zn		
	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$	$C_{в.м.}$	$f_{зб}$	$f_z$
1	20	0,82	0,025	0	0,68	0,018	47	0,585	0,002	29	0,609	0,008	0,16	0	0,864	26	0,886	0,012	16	0,939	0,024	0	0,783	0,021	40	0,833	0,025
2	25	0,82	0,025	1	0,68	0,018	45	0,585	0,002	30	0,609	0,008	0,17	0	0,864	27	0,886	0,012	15	0,939	0,024	0,1	0,783	0,021	42	0,833	0,025
3	27	0,82	0,025	2	0,68	0,018	50	0,585	0,002	31	0,609	0,008	0,18	0	0,864	28	0,886	0,012	14	0,939	0,024	0,2	0,783	0,021	43	0,833	0,025
4	28	0,82	0,025	3	0,68	0,018	52	0,585	0,002	32	0,609	0,008	0,19	0	0,864	29	0,886	0,012	13	0,939	0,024	0,3	0,783	0,021	41	0,833	0,025
5	30	0,82	0,025	4	0,68	0,018	55	0,585	0,002	33	0,609	0,008	0,20	0	0,864	30	0,886	0,012	12	0,939	0,024	0,4	0,783	0,021	44	0,833	0,025
6	29	0,82	0,025	5	0,68	0,018	54	0,585	0,002	34	0,609	0,008	0,21	0	0,864	31	0,886	0,012	11	0,939	0,024	0,5	0,783	0,021	45	0,833	0,025
7	28	0,82	0,025	2	0,68	0,018	48	0,585	0,002	35	0,609	0,008	0,22	0	0,864	32	0,886	0,012	12	0,939	0,024	0,6	0,783	0,021	46	0,833	0,025
8	27	0,82	0,025	3	0,68	0,018	50	0,585	0,002	36	0,609	0,008	0,23	0	0,864	33	0,886	0,012	13	0,939	0,024	0,7	0,783	0,021	47	0,833	0,025
9	26	0,82	0,025	4	0,68	0,018	52	0,585	0,002	37	0,609	0,008	0,24	0	0,864	34	0,886	0,012	14	0,939	0,024	0,6	0,783	0,021	48	0,833	0,025
10	25	0,82	0,025	5	0,68	0,018	49	0,585	0,002	38	0,609	0,008	0,25	0	0,864	35	0,886	0,012	15	0,939	0,024	0,5	0,783	0,021	49	0,833	0,025
11	24	0,82	0,025	6	0,68	0,018	47	0,585	0,002	39	0,609	0,008	0,24	0	0,864	34	0,886	0,012	16	0,939	0,024	0,4	0,783	0,021	51	0,833	0,025
12	23	0,82	0,025	3	0,68	0,018	45	0,585	0,002	40	0,609	0,008	0,13	0	0,864	33	0,886	0,012	17	0,939	0,024	0,3	0,783	0,021	49	0,833	0,025
13	22	0,82	0,025	4	0,68	0,018	43	0,585	0,002	41	0,609	0,008	0,22	0	0,864	32	0,886	0,012	18	0,939	0,024	0,2	0,783	0,021	42	0,833	0,025
14	21	0,82	0,025	5	0,68	0,018	39	0,585	0,002	42	0,609	0,008	0,21	0	0,864	31	0,886	0,012	19	0,939	0,024	0,1	0,783	0,021	43	0,833	0,025
15	20	0,82	0,025	6	0,68	0,018	34	0,585	0,002	43	0,609	0,008	0,20	0	0,864	31	0,886	0,012	21	0,939	0,024	0	0,783	0,021	44	0,833	0,025
16	19	0,82	0,025	7	0,68	0,018	35	0,585	0,002	44	0,609	0,008	0,19	0	0,864	29	0,886	0,012	22	0,939	0,024	0	0,783	0,021	41	0,833	0,025
17	18	0,82	0,025	8	0,68	0,018	20	0,585	0,002	45	0,609	0,008	0,18	0	0,864	28	0,886	0,012	23	0,939	0,024	0,1	0,783	0,021	39	0,833	0,025
18	17	0,82	0,025	9	0,68	0,018	25	0,585	0,002	25	0,609	0,008	0,17	0	0,864	27	0,886	0,012	22	0,939	0,024	0,2	0,783	0,021	37	0,833	0,025
19	15	0,82	0,025	10	0,68	0,018	29	0,585	0,002	27	0,609	0,008	0,16	0	0,864	26	0,886	0,012	21	0,939	0,024	0,3	0,783	0,021	35	0,833	0,025
20	16	0,82	0,025	9	0,68	0,018	31	0,585	0,002	29	0,609	0,008	0,15	0	0,864	25	0,886	0,012	20	0,939	0,024	0,4	0,783	0,021	33	0,833	0,025
21	17	0,82	0,025	8	0,68	0,018	40	0,585	0,002	30	0,609	0,008	0,14	0	0,864	24	0,886	0,012	19	0,939	0,024	0,5	0,783	0,021	31	0,833	0,025
22	18	0,82	0,025	7	0,68	0,018	48	0,585	0,002	32	0,609	0,008	0,13	0	0,864	23	0,886	0,012	18	0,939	0,024	0,6	0,783	0,021	29	0,833	0,025
23	19	0,82	0,025	6	0,68	0,018	52	0,585	0,002	34	0,609	0,008	0,12	0	0,864	22	0,886	0,012	17	0,939	0,024	0,7	0,783	0,021	27	0,833	0,025
24	20	0,82	0,025	5	0,68	0,018	54	0,585	0,002	36	0,609	0,008	0,11	0	0,864	21	0,886	0,012	16	0,939	0,024	0,8	0,783	0,021	25	0,833	0,025
25	21	0,82	0,025	4	0,68	0,018	56	0,585	0,002	38	0,609	0,008	0,11	0	0,864	21	0,886	0,012	15	0,939	0,024	0,6	0,783	0,021	31	0,833	0,025
26	22	0,82	0,025	3	0,68	0,018	58	0,585	0,002	22	0,609	0,008	0,12	0	0,864	23	0,886	0,012	14	0,939	0,024	0,6	0,783	0,021	33	0,833	0,025
27	23	0,82	0,025	2	0,68	0,018	60	0,585	0,002	24	0,609	0,008	0,13	0	0,864	25	0,886	0,012	13	0,939	0,024	0,3	0,783	0,021	35	0,833	0,025
28	24	0,82	0,025	0	0,68	0,018	42	0,585	0,002	26	0,609	0,008	0,14	0	0,864	27	0,886	0,012	12	0,939	0,024	0,3	0,783	0,021	37	0,833	0,025
29	25	0,82	0,025	0	0,68	0,018	40	0,585	0,002	28	0,609	0,008	0,15	0	0,864	29	0,886	0,012	11	0,939	0,024	0	0,783	0,021	39	0,833	0,025
30	26	0,82	0,025	1	0,68	0,018	30	0,585	0,002	30	0,609	0,008	0,16	0	0,864	31	0,886	0,012	19	0,939	0,024	0	0,783	0,021	41	0,833	0,025



### 3.2.1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от сушильных установок

При сушке угля на обогатительных фабриках (ОФ) в атмосферу выбрасываются вредные вещества, которые образуются как при сжигании топлива, так и непосредственно в процессе сушки угля (до 97% от общего выброса). Основными ингредиентами в выбросах сушильных агрегатов являются твердые частицы, выделяющиеся в процессе сушки угля, и твердые частицы, диоксид серы, оксиды азота и оксид углерода, выделяющиеся при сжигании топлива. Основным используемым топливом при сушке является уголь (до 98%).

Расчет выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от сушильной установки выполняется в соответствии с методикой [7] и материалами по показателям эмиссии (удельным выбросам) [8].

Валовой выброс  $j$ -ого загрязняющего вещества  $E_j$ , т, который выбрасывается в атмосферу с дымовыми газами энергетической установки за промежуток времени  $P$ , определяется как сумма валовых выбросов этого вещества во время сжигания различных видов топлива, в том числе во время их одновременного сжигания:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^6 \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r)_i, \quad (3.1)$$

где  $E_{ji}$  - валовой выброс  $j$ -ого загрязняющего вещества во время сжигания  $i$ -го топлива за промежуток времени  $T$ , т;  $k_{ji}$  - показатель эмиссии  $j$ -ого загрязняющего вещества для  $i$ -го топлива, г/ГДж;  $B_i$  - расход  $i$ -го топлива за промежуток времени  $T$ , т;  $(Q_i^r)$  - низшая рабочая теплота сгорания  $i$ -го топлива, МДж/кг.

#### Расчет показателя эмиссии выбросов оксидов азота

Во время сжигания органического топлива образуются оксиды азота  $NO_x$  (оксид азота  $NO$  и диоксид азота  $NO_2$ ), выбросы которых определяются в пересчете на  $NO_2$ . Показатель эмиссии оксидов азота  $k_{NO_x}$ , г/ГДж, с учетом мероприятий по снижению выбросов рассчитывается по формуле:

$$k_{NO_x} = (k_{NO_x})_0 f_n (1 - \eta_I) (1 - \eta_{II} \beta), \quad (3.2)$$

где  $(k_{NO_x})_0$  - показатель эмиссии оксидов азота без учета мероприятий по снижению выбросов, г/ГДж (принимается в соответствии с (2.3);  $f_n$  - степень уменьшения выброса  $NO_x$  во время работы на низкой нагрузке;  $\eta_I$  - эффективность первичных (режимно-технологических) мер сокращения выбросов;  $\eta_{II}$  - эффективность вторичных мер (азотоочистные установки);  $\beta$  - коэффициент работы азотоочистой установки.

Во время работы энергетической установки на низкой нагрузке уменьшается температура процесса горения топлива, благодаря чему сокращается выброс оксидов азота. Степень уменьшения выброса  $NO_x$  при этом определяется по формуле:

$$f_n = (Q_f / Q_n)^z, \quad (3.3)$$

где  $f_n$  - степень уменьшения выброса  $NO_x$  во время работы на низкой нагрузке;  $Q_f$  - фактическая тепловая мощность энергетической установки, МВт;  $Q_n$  - номинальная тепловая мощность энергетической установки, МВт;  $z$  - эмпирический коэффициент, который зависит от вида энергетической установки, ее мощности, типа топлива и т.п.

### Расчет показателя эмиссии выбросов сернистого ангидрида

Показатель эмиссии  $k_{SO_2}$ , г/ГДж, оксидов серы  $SO_2$  и  $SO_3$ , в пересчете на диоксид серы  $SO_2$ , которые поступают в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле:

$$k_{SO_2} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{2S^r}{100} (1 - \eta_I)(1 - \eta_{II}\beta), \quad (3.4)$$

где  $Q_i^r$  - низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;  $S^r$  - содержание серы в топливе на рабочую массу, %;  $\eta_I$  - эффективность связывания серы золой или сорбентом в энергетической установке;  $\eta_{II}$  - эффективность очистки дымовых газов от оксидов серы;  $\beta$  - коэффициент работы сероочистной установки.

### Расчет показателя эмиссии выбросов оксида углерода

Показатель эмиссии выбросов оксида углерода  $k_{CO}$  принимается в соответствии с табл. 3.2(в).

### Расчет показателя эмиссии выбросов диоксида углерода

Показатель эмиссии диоксида углерода  $k_{CO_2}$ , г/ГДж, во время сжигания органического топлива определяется по формуле:

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C^r}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_i^r} \varepsilon_C, \quad (3.5)$$

где  $C$  - массовое содержание углерода в топливе на рабочую массу, %;  $Q_i^r$  - низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;  $\varepsilon_C$  - степень окисления углерода топлива.

Эффективность процесса горения определяет степень окисления углерода топлива  $\varepsilon_C$ . При полном сгорании топлива степень окисления равна единице, но при наличии недогара топлива ее значение уменьшается. Степень окисления углерода топлива  $\varepsilon_C$  в энергетической установке рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_C = 1 - \frac{A^r}{C^r} \left( a_{вин} \frac{\Gamma_{вин}}{100 - \Gamma_{вин}} + (1 - a_{вин}) \frac{\Gamma_{шл}}{100 - \Gamma_{шл}} \right), \quad (3.6)$$

где  $A^r$  - массовое содержание золы в топливе на рабочую массу, %;  $C^r$  - массовое содержание углерода в топливе на рабочую массу, %;  $a_{вин}$  - часть золы, которая удаляется в виде летучей золы;  $\Gamma_{вин}$  - массовое содержание горючих веществ в уносе твердых частиц, %;  $\Gamma_{шл}$  - массовое содержание горючих веществ в шлаке, %.

### Расчет показателя эмиссии выбросов твердых частиц

Показатель эмиссии вещества в виде твердых частиц рассчитывается по формуле:

$$k_{тв} = \frac{10^6}{Q_i^r} \left( a_{вин} \frac{A^r}{100} + \frac{q_4}{100} \cdot \frac{Q_i^r}{Q_C} \right) (1 - \eta_{зy}) + k_{твS}, \quad (3.7)$$

где  $k_{тв}$  - показатель эмиссии твердых частиц, г/ГДж;  $Q_i^r$  - низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;  $A^r$  - массовое содержание золы в топливе на рабочую массу, %;  $a_{вин}$  - часть золы, которая выходит из котла в виде летучей золы;  $Q_C$  - теплота сгорания углерода до  $CO_2$ , которая равна 32,68 МДж/кг;  $q_4$  - потери тепла, связанные с механическим недожогом топлива, %;  $\eta_{зy}$  - эффективность очищения дымовых газов от твердых частиц;  $k_{твS}$  - показатель эмиссии твердых продуктов взаимодействия сорбента и оксидов серы и твердых частиц сорбента, г/ГДж.

### Расчет показателя эмиссии тяжелых металлов

При сжигании твердого топлива показатель эмиссии тяжелого металла определяется по формуле:

$$k_{вм} = \frac{C_{вм}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб} (1 - \eta_{зy}) (1 - f_2) + f_2 (1 - \eta_{зy}) \right], \quad \text{г/ГДж}, \quad (3.8)$$

где  $C_{вм}$  - массовое содержание тяжелого металла в топливе, мг/кг;  $Q_i^r$  - низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг;  $a_{вин}$  - часть золы, которая выходит из котла в виде летучей золы;  $f_{зб}$  - коэффициент обогащения тяжелого металла;  $\eta_{зy}$  - эффективность золоулавливающей установки;  $f_2$  - часть тяжелого металла, которая выхо-

дит в газообразной форме;  $\eta_{з\gamma}$  - эффективность уловления газообразной фракции тяжелого металла в золоулавливающей установке.

### Расчет показателя эмиссии оксида азота

Показатель эмиссии оксида азота  $K_{N_2O}$  принимается в соответствии с табл. 3.2(ж).

### Расчет показателя эмиссии метана

Показатель эмиссии метана  $K_{CH_4}$  принимается в соответствии с табл. 3.2(з).

Количественные значения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (г/с, т/год) от каждого источника выбросов сводятся в итоговую таблицу.

#### 3.2.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ от аспирационных систем

Количество отходящих твердых частиц для аспирационных систем ОФ, БФ, поверхностного комплекса шахт и разрезов определяется по формуле:

$$M_o^a = C_a \cdot V_a \cdot T_a \cdot 10^{-6}, \text{ т/год}, \quad (3.9)$$

где  $C_a$  - концентрация твердых частиц в отходящем воздухе,  $\text{г/н}\cdot\text{м}^3$  - определяется путем измерений (при отсутствии результатов измерений для ОФ и поверхностных комплексов концентрация принимается  $0,1-2,0 \text{ г/н}\cdot\text{м}^3$ )\*;  $V_a$  - объем отходящих газов (производительность аспирационной установки),  $\text{н}\cdot\text{м}^3/\text{ч}$  - определяется путем измерений;  $T_a$  - годовое количество рабочих часов аспирационной установки, ч/год.

Количество уловленных твердых частиц определяется по формуле:

$$M_y^a = M_o^a \cdot \eta_a, \text{ т/год}, \quad (3.10)$$

где  $\eta_a$  - степень улавливания твердых частиц в пылеулавливающей установке, дол. ед. - определяется по данным фактических измерений.

Количество выбрасываемых в атмосферу твердых частиц определяется по формуле:

$$M_e^a = M_o^a - M_y^a, \text{ т/год}. \quad (3.11)$$

\* Концентрации из этого диапазона наблюдаются в 95% случаев.



### **3.3. Алгоритм расчета выбросов загрязняющих веществеорганизованными источниками**

Неорганизованными выбросами являются выбросы в виде направленных потоков, возникающие за счет негерметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы средств пылеподавления в местах загрузки, выгрузки или хранения пылящего продукта. Основными вредными веществами, поступающими от неорганизованных стационарных источников загрязнения окружающей среды в угольной промышленности являются пылевыбросы и газообразные компоненты ( $CO_x$ ,  $SO_x$ ,  $NO_x$  и др.).

Расчет объема неорганизованных выбросов необходим для учета допустимых валовых выбросов предприятий, расположенных в зонах повышенного загрязнения атмосферы. В углеобогащении источниками неорганизованных выбросов являются узлы пересыпки материалов, перевалочные работы на складе, хранилища пылящих материалов, узлы загрузки продукции в неспециализированный транспорт навалом; хвостохранилища, транспорт и механизмы, дороги с покрытиями и без покрытия, погрузочные работы.

В атмосферу обычно поступает пыль, размер которой менее 10 мкм. Крупные частицы или сразу падают на почву, или оседают из воздуха через непродолжительное время. Вынос в атмосферу мельчайших минеральных частиц пыли в свободном состоянии в виде аэрозолей загрязняет воздушное пространство главным образом вблизи предприятий и на непродолжительное время, но наносит определенный ущерб народному хозяйству.

Пыль, оседая на землю, поверхность водоемов, зданий, сооружений выступает в основной своей роли источника загрязнения почвы и водоемов, что предопределяет накопление вредных веществ до и выше предельных концентраций.

#### **3.3.1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от породных отвалов**

Отвалы угольных шахт и обогатительных фабрик относятся к объектам повышенной экологической опасности, так как являются не только источниками постоянного выделения вредных веществ, но и в ряде случаев причиной оползней с перемещением породной массы на значительные расстояния. Поэтому согласно Правилам безопасности в угольных шахтах не допускается эксплуатация горящих отвалов. В Украине насчитывается примерно 220 породных отвалов, которые следует отнести к категории горящих, так как на них, несмотря на применяемые меры пожаротушения, имеются отдельные очаги возгорания, из которых постоянно выделяются вредные вещества.

#### **Расчет выбросов твердых частиц**

Выбросы твердых частиц в атмосферу отвалами определяются как сумма выбросов при формировании отвалов и при сдувании частиц с их пылящей поверхности.

Количество твердых частиц, выделяющихся при формировании отвалов, определяется по формуле:

$$M_o^{\phi} = K_0 \cdot K_1 \cdot q_{\phi}^o \cdot \Pi(1 - \eta_o^1) \cdot 10^{-6}, \text{ т/год}, \quad (3.12)$$



где  $K_0$  - коэффициент, учитывающий влажность материала (принимается в соответствии с данными табл. 3.4);  $K_1$  - коэффициент, учитывающий скорость ветра (принимается в соответствии с данными табл. 3.5);  $q_{\phi}^0$  - удельное выделение твердых частиц с  $1 \text{ м}^3$  породы, подаваемой в отвал,  $\text{г}/\text{м}^3$  (принимается в соответствии с данными табл. 3.6);  $\Pi$  - количество породы, подаваемой в отвал,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $\eta_o^1$  - эффективность применяемых средств пылеподавления (определяется экспериментально либо принимается по справочным данным), дол. ед.

Таблица 3.4

**Зависимость величины  $K_0$  от влажности материала**

Влажность материала, %	$K_0$
до 0,5	2,0
0,5-1,0	1,5
1,0-3,0	1,3
3,0-5,0	1,2
5,0-7,0	1,0
7,0-8,0	0,7
8,0-9,0	0,3
9,0-10,0	0,2
более 10,0	0,1

Таблица 3.5

**Зависимость коэффициента  $K_1$  от скорости ветра\***

Скорость ветра, м/с	$K_1$
до 2	1,0
2-5	1,2
5-7	1,4
7-10	1,7

\* Величина коэффициента  $K_1$  определяется по значению наиболее часто повторяющейся для данной местности скорости ветра.



**Удельное выделение твердых частиц при формировании отвалов**

Наименование оборудования	Удельное выделение твердых частиц $q_{уд}^o$ *, г/м <sup>3</sup>
Отвалообразование плоских отвалов	
Драглайн ЭШ-15/90, ЭШ-20/90	18,0
Драглайн ЭШ-10/70	26,6
Драглайн ЭШ-4/40, ЭШ-6/45, ЭШ-5/45	64,0
Отвалообразователь ОШР-5250/190	2,7
Бульдозер	5,6
Разгрузка автосамосвала	10,0
Разгрузка думпкара	10,0
Отвалообразование террикоников	20,0

\* Данные приведены без учета средств пылеподавления. При прочих равных условиях удельное выделение твердых частиц для механических лопат принимается в два раза меньшим, чем для драглайнов.

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности породных отвалов, определяется по формуле:

$$M_o^c = 86,4 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot S_o \cdot q_c \cdot K_m (365 - T_c) (1 - \eta^1), \text{ т/год}, \quad (3.13)$$

где  $K_2$  - коэффициент, учитывающий эффективность сдувания твердых частиц и численно равный: 1,0 - для действующих отвалов; 0,2 - в первые три года после прекращения эксплуатации; 0,1 - в последующие годы до полного озеленения отвала;  $S_o$  - площадь пылящей поверхности отвала, м<sup>2</sup>;  $q_c$  - удельная сдуваемость твердых частиц с пылящей поверхности отвала (принимается равной  $0,1 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>2</sup>·с);  $K_m$  - коэффициент измельчения горной массы (принимается равным 0,1);  $T_c$  - годовое количество дней с устойчивым снежным покровом.

**Расчет выбросов газообразных веществ**

Газообразные вредные вещества выбрасываются в атмосферу горящими породными отвалами.

Количество выделяемых вредных веществ определяется по формуле:

$$M_{\Gamma} = q_{cp}^o \cdot n, \text{ т/год}, \quad (3.14)$$

где  $q_{cp}^o$  - средний выброс вредных веществ (диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, сероводород) с одного действующего горящего отвала, т/год (принимается в соответствии с данными табл. 3.7);  $n$  - количество действующих горящих отвалов.

**Средний выброс вредных веществ с действующего горящего отвала**

Производственное объединение	Средний выброс вредных веществ с действующего горящего отвала, $q_{ср}^o$ , т/год				
	Всего	в том числе			
		диоксид серы	оксид углерода	оксиды азота	сероводород
Вахрушевуголь	157,8	13,6	136,0	1,4	6,8
Воркутауголь	403,5	34,7	347,5	3,5	17,8
Гуковуголь	425,5	36,7	366,8	3,7	18,3
Ростовуголь	250,3	21,6	215,7	2,2	10,8
Кизелуголь	65,2	5,6	56,2	0,6	2,8
Северкузбассуголь	69,2	6,0	59,6	0,6	3,0
Прокопьевскгидроуголь	463,4	39,9	399,5	4,0	20,0
Киселевскуголь	463,4	39,9	399,5	4,0	20,0
Южкузбассуголь	2714,4	234,0	2340,0	23,4	117,0
Кемеровоуголь	48,2	8,1	39,4	0	0,7
Приморскуголь	58,0	5,0	50,0	0,5	2,5
Челябинскуголь	1444,4	124,5	1245,3	12,4	62,2
Ленинградсланец	1701,0	146,7	1466,4	14,6	73,3
Донецкуголь	3647,6	314,5	3144,5	31,4	157,2
Макеевуголь	2742,4	236,4	2364,2	23,6	118,2
Советскуголь	353,1	30,4	304,5	3,0	15,2
Красноармейскуголь	1665,4	143,6	1435,7	14,3	71,8
Селидовуголь	1401,1	120,8	1207,9	12,0	60,4
Добропольеуголь	832,5	71,8	717,7	7,1	35,9
Артемуголь	4503,9	388,2	3882,8	38,8	194,1
Дзержинскуголь	1828,0	157,6	1575,9	15,7	78,8
Орджоникидзеуголь	2833,5	244,3	2442,7	24,4	122,1
Шахтерскантрацит	1377,6	118,8	1187,6	11,8	59,4
Октябрьуголь	922,4	79,5	795,3	7,9	39,7
Торезантрацит	3751,4	323,4	3234,0	32,3	161,7
Ворошиловградуголь	1418,1	122,2	1222,6	12,2	61,1
Стахановуголь	1377,0	118,7	1187,1	11,9	59,3
Первомайскуголь	2718,5	234,4	2343,5	23,4	117,2
Лисичанскуголь	2549,6	219,8	2198,0	21,9	109,9
Донбассантрацит	1594,5	137,5	1374,5	13,8	68,7
Антрацит	1250,2	107,8	1077,7	10,8	53,9
Антрацитуглеобогащение	1896,6	163,5	1635,0	16,3	81,8
Ровенькиантрацит	1147,4	98,9	989,1	9,9	49,5
Краснодонуголь	556,0	47,9	479,3	4,8	24,0
Свердловантрацит	1865,8	160,8	1608,5	16,1	80,4
Укрзападуголь	561,2	48,4	483,8	4,8	24,2
Донецкуглеобогащение	5261,7	453,6	4536,0	45,3	226,8
Ворошиловградуглеобогащение	2979,1	256,8	2568,2	25,7	128,4



Для недействующих горящих отвалов формула (3.14) имеет вид:

$$M_{\Gamma} = q_{cp}^o \cdot n_1 \cdot K_3, \text{ т/год}, \quad (3.15)$$

где  $n_1$  - количество недействующих горящих отвалов;  $K_3$  - коэффициент, учитывающий снижение количества выбрасываемых вредных веществ после прекращения эксплуатации отвалов и численно равный: 0,5 - в первый год после прекращения эксплуатации; 0,3 - во второй год; 0,1 - в третий и последующие годы.

### 3.3.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ от складов и хвостохранилищ

Удельный объем выбросов для них можно охарактеризовать следующим уравнением:

$$q = A + B = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot G \cdot 10^6 \cdot B'}{3600} + k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot q' \cdot F, \text{ г/с}, (3.16)$$

где  $A$  - выбросы при переработке (сыпка, перевалка, перемещение) материала, г/с;  $B$  - выбросы при статическом хранении материала;  $k_1$  - весовая доля пылевой фракции в материале. Определяется путем отмывки и просева средней пробы с выделением фракции пыли размером 0-200 мкм или по табл. 3.8;  $k_2$  - доля пыли (от всей массы пыли, переходящая в аэрозоль или по табл.3.8;  $k_3$  - коэффициент, учитывающий местные метеоусловия и принимаемый в соответствии с табл. 3.9;  $k_4$  - коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования. Берется по данным табл. 3.10;  $k_5$  - коэффициент, учитывающий влажность материала и, принимаемый в соответствии с данными табл. 3.11;  $k_6$  - коэффициент, учитывающий профиль поверхности складываемого материала в пределах 1,3-1,6 в зависимости от крупности материала и степени заполнения. Для хвостохранилищ  $k_6 = 1$ ;  $k_7$  - коэффициент, учитывающий крупность материала и, принимаемый в соответствии с табл. 3.12;  $F$  - поверхность пыления в плане, м<sup>2</sup>;  $q'$  - унос пыли с одного квадратного метра фактической поверхности в условиях, когда  $k_3 = 1$  и  $k_5 = 1$ , принимается в соответствии с данными табл. 3.13;  $G$  - суммарное количество перерабатываемого материала, т/ч;  $B'$  - коэффициент, учитывающий высоту пересыпки и, принимаемый в соответствии с табл. 3.14.

Склады и хвостохранилища рассматриваются как равномерно распределенные источники пылевыведений.

Проверка фактического дисперсного состава пыли, и уточнение значения  $k_2$ , производится отбором проб запыленного воздуха на границах пылящего объекта (склады, хвостохранилища) при скорости ветра 2 м/с, дующего в направлении точки отбора пробы.



Таблица 3.8

**Значение коэффициентов  $k_1$ ,  $k_2$  для определения выбросов пыли**

№ п/п	Наименование материала	Плотность материала, г/см <sup>3</sup>	Весовая доля пылевой функции $k_1$ в материале	Доля пыли, переходящая в аэрозоль $k_2$
1	2	3	4	5
1	Огарки	3,9	0,04	0,03
2	Клинкер	3,2	0,01	0,003
3	Цемент	3,1	0,04	0,03
4	Известняк	2,7	0,04	0,02
5	Мергель	2,7	0,05	0,02
6	Известь комовая	2,7	0,07	0,02
7	Известь молотая	2,7	0,07	0,05
8	Гранит	2,8	0,02	0,04
9	Мрамор	2,8	0,04	0,06
10	Мел	2,7	0,05	0,07
11	Гипс комовой	2,6	0,03	0,02
12	Гипс молотый	2,6	0,08	0,04
13	Доломит	2,7	0,05	0,02
14	Опока	2,65	0,03	0,01
15	Пегматит	2,6	0,04	0,04
16	Гнейс	2,9	0,05	0,02
17	Каолин	2,7	0,06	0,04
18	Нефелин	2,7	0,06	0,02
19	Глина	2,7	0,05	0,02
20	Песок	2,6	0,05	0,03
21	Песчаник	2,65	0,04	0,01
22	Слюда	2,8	0,02	0,01
23	Полевой шпат	2,5	0,07	0,01
24	Шлак	2,5-3,0	0,05	0,02
25	Диорит	2,8	0,03	0,06
26	Порфиroidы	2,7	0,03	0,07
27	Графит	2,2-2,7	0,03	0,04
28	Уголь	1,3	0,03	0,02
29	Зола	2,5	0,06	0,04
30	Диатомит	2,3	0,03	0,02
31	Перлит	2,4	0,04	0,06
32	Керамзит	2,5	0,06	0,02
33	Вермикулит	2,6	0,06	0,04
34	Аглопорит	2,5	0,06	0,04
35	Туф	2,6	0,03	0,02
36	Пемза	2,5	0,03	0,06
37	Сульфат	2,7	0,05	0,02
38	Шамот	2,6	0,04	0,02
39	Смесь песка и извести	2,6	0,05	0,01
40	Кирпич, бой	-	0,05	0,01
41	Минеральная вата	-	0,05	0,01
42	Щебенка*	-	0,04	0,02

\* - брать по тому материалу, из которого делают щебенку.

**Зависимость величины  $k_3$  от скорости ветра**

Скорость ветра, м/с	$k_3$
До 2	1,0
До 5	1,2
До 7	1,4
До 10	1,7
До 12	2,0
До 14	2,3
До 16	2,6
До 18	2,8
До 20 и выше	3,0

Таблица 3.10

**Зависимость величины  $k_4$  от местных условий**

Местные условия	$k_4^*$
Склады, хранилища открытые:	
а) с четырех сторон	1,0
б) с трех сторон	0,8
в) с двух сторон полностью	0,6
г) с двух сторон частично	0,5
д) с одной стороны	0,1
е) загрузочный рукав	0,2
ж) закрыт с четырех сторон**	0,1

\* - коэффициенты, учитывающие местные условия при статическом хранении.

\*\* - при переводе неорганизованных источников узла пересыпки в организованные считать выброс пыли в атмосферу до 30% от нормативного показателя ее при аспирации узла.

Таблица 3.11

**Зависимость величины  $k_5$  от влажности материалов**

Влажность материалов, %*	$k_5$
0-0,5	1,0
До 1,0	0,9
До 3,0	0,8
До 5,0	0,7
До 7,0	0,6
До 8,0	0,4
До 9,0	0,2
До 10,0	0,1
Свыше 10	0,01

\* - для песка на складах при влажности 3% и более – выбросы не считать.



Таблица 3.12

**Зависимость величины  $k_7$  от местных условий**

Размер куска, мм *****	$k_7$
500	0,1
500-100	0,2
100-50	0,4
50-10	0,5
10-5	0,6
5-3	0,7
3-1	0,8
1	1,0

\* - в случае более крупного диапазона материала, коэффициент  $k_7$  принимается как средневзвешенный коэффициент по составляющим классам.

Таблица 3.13

**Зависимость величины  $q'$  при условии  $k_3 = 1$ ;  $k_5 = 1$**

Складируемый материал	$q'$ , г/м <sup>2</sup> ·с
Клинкер, шлак	0,002
Щебенка, песок, кварц	0,002
Мергель, известняк, огарки, цемент	0,003
Сухие глинистые материалы	0,004
Хвосты асбестовых фабрик, песчаник, известь	0,005
Уголь, гипс, мел	0,005

Таблица 3.14

**Зависимость величины  $B'$  от высоты пересыпки**

Высота падения материала	$B'$
0,5	0,4
1,0	0,5
1,5	0,6
2,0	0,7
4,0	1,0
6,0	1,5
8,0	2,0
10,0	2,5



Общий объем выбросов

$$M_B = 1,44 \cdot q \cdot (365 - T_c) \cdot 10^{-3}, \text{ т/год}, \quad (3.17)$$

где  $T_c$  - число дней в году с устойчивым снежным покровом, дней.

### 3.3.3. Расчет выбросов загрязняющих веществ при погрузочно-разгрузочных работах

Интенсивными неорганизованными источниками пылеобразования являются места пересыпки горной массы, погрузка в открытые вагоны, полувагоны, бункера, автосамосвалы, перемещение бульдозером и другие.

Количество твердых частиц, выделяющихся при проведении всех видов погрузочно-разгрузочных работ, определяется по формуле:

$$M_n = K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot q_n \cdot Q_n (1 - \eta^1) \cdot 10^{-6}, \text{ т/год}, \quad (3.18)$$

где  $q_n$  - удельное выделение твердых частиц с тонны отгружаемого (перегружаемого) угля, г/т (принимается равным 3,0 г/т);  $Q_n$  - количество отгружаемого (перегружаемого) угля, т/год.

Значения коэффициентов  $K$  в формулах принимается:  $K_0$  - по табл. 3.4;  $K_1$  - по табл. 3.5;  $K_4$  - по табл. 3.10;  $K_5$  - по табл. 3.14.

Количество твердых частиц, сдуваемых при транспортировании горной массы открытым ленточным конвейером, определяется по формуле:

$$M_{лк} = 3,6 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot q_{лк} \cdot L_{лк} \cdot B_{лк} \cdot f_{изм.} \cdot T_{лк} (1 - \eta^1), \text{ т/год}, \quad (3.19)$$

где  $q_{лк}$  - удельная сдуваемость твердых частиц с ленточного конвейера принимается равной  $3 \cdot 10^{-5}$  кг/м<sup>2</sup>·с;  $B_{лк}$  - ширина конвейерной ленты, м;  $L_{лк}$  - длина конвейера, м;  $f_{изм.}$  - коэффициент измельчения горной массы (принимается равным 0,1);  $T_{лк}$  - годовое количество рабочих часов, ч/год.

При подстановке в (3.19) значений  $q_{лк}$  и  $f_{изм.}$  получаем формулу:

$$M_k = 10,8 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot L_{лк} \cdot B_{лк} \cdot T_{лк} (1 - \eta^1) \cdot 10^{-6}, \text{ т/год}. \quad (3.20)$$

### 3.4. Пример расчета выбросов загрязняющих веществ углеобогатительным предприятием

Пример расчета выбросов загрязняющих веществ выполнен для варианта № 1 при обогащении углей марки «Г». Условия варианта № 1 приведены в табл. 3.1-3.3. Количество источников выбросов одного типа принято  $n = 1$  для всех вариантов.



### 3.4.1. Сушильная установка

#### Выброс оксидов азота

Определение степени уменьшения выброса  $NO_x$  осуществляется по уравнению 3.3 с учетом данных табл. 3.2(a)

$$f_n = (Q_\phi / Q_n)^z = (10,467 / 11,630)^{1,15} = 0,886.$$

Определение показателя эмиссии оксидов азота осуществляется по уравнению (3.2) с учетом данных табл. 3.2(a)

$$k_{NO_x} = (k_{NO_x})_0 \cdot f_n (1 - \eta_I)(1 - \eta_{II}\beta) = 250 \cdot 0,886(1 - 0)(1 - 0 \cdot 0) = 221,5 \text{ г/ГДж.}$$

Определение валового выброса оксидов азота осуществляется по уравнению 3.1 и данных табл. 3.1

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \cdot k_{NO_x} \cdot T_{cy} \cdot Q_{cy}^r = 10^{-6} \cdot 221,5 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 6,718 \text{ т/год.}$$

Определение секундного выброса оксидов азота

$$l_{NO_x} = \frac{1000 E_{NO_x}}{3,6 T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 6,718}{3,6 \cdot 2300} = 0,811 \text{ г/с.}$$

#### Выброс сернистого ангидрида

Определение показателя эмиссии сернистого ангидрида осуществляется по уравнению 3.4 и данных табл. 3.1 и 3.2(б):

$$k_{SO_2} = \frac{10^6 \cdot 2S^r}{Q_i^r \cdot 100} (1 - \eta_I)(1 - \eta_{II}\beta) = \frac{10^6 \cdot 2 \cdot 3,2}{17,5 \cdot 100} (1 - 0,05)(1 - 0 \cdot 0) = 3474,286 \text{ г/ГДж.}$$

Определение валового выброса сернистого ангидрида осуществляется по уравнению 3.1 и данных табл. 3.1

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \cdot k_{SO_2} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 3474,286 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 105,366 \text{ т/год.}$$

Определение секундного выброса сернистого ангидрида

$$l_{SO_2} = \frac{1000 E_{SO_2}}{3,6 T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 105,366}{3,6 \cdot 2300} = 12,725 \text{ г/с.}$$

#### Выброс оксида углерода

Определение валового выброса оксида углерода осуществляется по уравнению 3.1 и данных табл. 3.1 и 3.2(в)

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot k_{CO} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 121 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 3,670 \text{ т/год.}$$

Определение секундного выброса оксида углерода

$$l_{CO} = \frac{1000 E_{CO}}{3,6 T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 3,670}{3,6 \cdot 2300} = 0,443 \text{ г/с.}$$

Выброс диоксида углерода

Определение степени окисления углерода топлива  $\varepsilon_C$  осуществляется по уравнению 3.6 и данных табл. 3.2(г)

$$\begin{aligned} \varepsilon_C &= 1 - \frac{A^r}{C^r} \left( a_{вин} \frac{\Gamma_{вин}}{100 - \Gamma_{вин}} + (1 - a_{вин}) \frac{\Gamma_{шл}}{100 - \Gamma_{шл}} \right) = \\ &= 1 - \frac{34,6}{44,0} \left[ 0,8 \frac{1,5}{100 - 15} + (1 - 0,8) \frac{0,5}{100 - 0,5} \right] = 0,99. \end{aligned}$$

Определение показателя эмиссии диоксида углерода осуществляется по уравнению 3.5 и данных табл. 3.1 и 3.2(г)

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C^r}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_i^r} \varepsilon_C = \frac{44}{12} \cdot \frac{44}{100} \cdot \frac{10^6}{17,5} \cdot 0,99 = 91268,571 \text{ г/ГДж.}$$

Определение валового выброса диоксида углерода осуществляется по уравнению 3.1 и данных табл. 3.1.

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot k_{CO_2} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 91268,571 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 2767,948 \text{ т/год.}$$

Определение секундного выброса диоксида углерода

$$l_{CO_2} = \frac{1000 E_{CO_2}}{3,6 T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 2767,948}{3,6 \cdot 2300} = 334,293 \text{ г/с.}$$

Выброс твердых частиц

Определение показателя эмиссии твердых частиц осуществляется по уравнению 3.7 и данных табл. 3.1 и 3.2(д)

$$\begin{aligned} k_{мс} &= \frac{10^6}{Q_i^r} \left( a_{вин} \frac{A^r}{100} + \frac{q_4}{100} \cdot \frac{Q_i^r}{Q_C} \right) (1 - \eta_{зy}) + k_{мсS} = \\ &= \frac{10^6}{17,5} \left( 0,8 \frac{34,6}{100} + \frac{0}{100} \cdot \frac{17,5}{32,68} \right) (1 - 0,994) + 0 = 94,903 \text{ г/ГДж.} \end{aligned}$$

Определение валового выброса твердых частиц осуществляется по уравнению 3.1 и данных табл. 3.1

$$E_{TB} = 10^{-6} \cdot k_{TB} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 94,903 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 2,878 \text{ т/год.}$$

Определение секундного выброса твердых частиц

$$\ell_{TB} = \frac{1000 E_{TB}}{3,6 T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 2,878}{3,6 \cdot 2300} = 0,348 \text{ г/с.}$$

### Выброс тяжелых металлов

Определение показателя эмиссии выброса тяжелых металлов осуществляется по уравнению 3.8 и данных табл. 3.1, 3.2(е) и 3.3

1. Показатель эмиссии для *As*

$$\begin{aligned} k_{As} &= \frac{C_{As}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб. As} (1 - \eta_{zy}) (1 - f_{zAs}) + f_{zAs} (1 - \eta_{zzy}) \right] = \\ &= \frac{20}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0,82 (1 - 0,994) (1 - 0,025) + 0,025 (1 - 0) \right] = 0,033 \text{ г/ГДж.} \end{aligned}$$

2. Показатель эмиссии для *Cd*

$$\begin{aligned} k_{Cd} &= \frac{C_{Cd}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб. Cd} (1 - \eta_{zy}) (1 - f_{zCd}) + f_{zCd} (1 - \eta_{zzy}) \right] = \\ &= \frac{0}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0,68 (1 - 0,994) (1 - 0,018) + 0,018 (1 - 0) \right] = 0 \text{ г/ГДж.} \end{aligned}$$

3. Показатель эмиссии для *Cr*

$$\begin{aligned} k_{Cr} &= \frac{C_{Cr}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб. Cr} (1 - \eta_{zy}) (1 - f_{zCr}) + f_{zCr} (1 - \eta_{zzy}) \right] = \\ &= \frac{47}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0,585 (1 - 0,994) (1 - 0,002) + 0,002 (1 - 0) \right] = 0,013 \text{ г/ГДж.} \end{aligned}$$

4. Показатель эмиссии для *Cu*

$$\begin{aligned} k_{Cu} &= \frac{C_{Cu}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб. Cu} (1 - \eta_{zy}) (1 - f_{zCu}) + f_{zCu} (1 - \eta_{zzy}) \right] = \\ &= \frac{29}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0,609 (1 - 0,994) (1 - 0,008) + 0,008 (1 - 0) \right] = 0,018 \text{ г/ГДж.} \end{aligned}$$



5. Показатель эмиссии для  $Hg$

$$k_{Hg} = \frac{C_{Hg}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб.Hg} (1 - \eta_{зy}) (1 - f_{2Hg}) + f_{2Hg} (1 - \eta_{з3y}) \right] =$$
$$= \frac{0,16}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0(1 - 0,994)(1 - 0,864) + 0,864(1 - 0) \right] = 0,0079 \text{ г/ГДж.}$$

6. Показатель эмиссии для  $Ni$

$$k_{Ni} = \frac{C_{Ni}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб.Ni} (1 - \eta_{зy}) (1 - f_{2Ni}) + f_{2Ni} (1 - \eta_{з3y}) \right] =$$
$$= \frac{26}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0,886(1 - 0,994)(1 - 0,012) + 0,012(1 - 0) \right] = 0,0241 \text{ г/ГДж.}$$

7. Показатель эмиссии для  $Pb$

$$k_{Pb} = \frac{C_{Pb}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб.Pb} (1 - \eta_{зy}) (1 - f_{2Pb}) + f_{2Pb} (1 - \eta_{з3y}) \right] =$$
$$= \frac{16}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0,939(1 - 0,994)(1 - 0,024) + 0,024(1 - 0) \right] = 0,026 \text{ г/ГДж.}$$

8. Показатель эмиссии для  $Se$

$$k_{Se} = \frac{C_{Se}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб.Se} (1 - \eta_{зy}) (1 - f_{2Se}) + f_{2Se} (1 - \eta_{з3y}) \right] =$$
$$= \frac{0}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0,783(1 - 0,994)(1 - 0,021) + 0,021(1 - 0) \right] = 0 \text{ г/ГДж.}$$

9. Показатель эмиссии для  $Zn$

$$k_{Zn} = \frac{C_{Zn}}{Q_i^r} \left[ a_{вин} f_{зб.Zn} (1 - \eta_{зy}) (1 - f_{2Zn}) + f_{2Zn} (1 - \eta_{з3y}) \right] =$$
$$= \frac{40}{17,5} \left[ 0,8 \cdot 0,833(1 - 0,994)(1 - 0,025) + 0,025(1 - 0) \right] = 0,066 \text{ г/ГДж.}$$

Определение валового выброса тяжелых металлов осуществляется по уравнению 3.1 и данных табл. 3.1.

1. Валовой и секундный выброс для  $As$

$$E_{As} = 10^{-6} \cdot k_{As} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0,033 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 0,001 \text{ т/год;}$$

$$\ell_{As} = \frac{1000E_{As}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 0,001}{3,6 \cdot 2300} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ г/с.}$$

2. Валовой и секундный выброс для  $Cd$

$$E_{Cd} = 10^{-6} \cdot k_{Cd} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 0 \text{ т/год;}$$

$$\ell_{Cd} = \frac{1000E_{Cd}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 0}{3,6 \cdot 2300} = 0 \text{ г/с.}$$

3. Валовой и секундный выброс для  $Cr$

$$E_{Cr} = 10^{-6} \cdot k_{Cr} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0,013 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ т/год;}$$

$$\ell_{Cr} = \frac{1000E_{Cr}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 3,9 \cdot 10^{-4}}{3,6 \cdot 2300} = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ г/с.}$$

4. Валовой и секундный выброс для  $Cu$

$$E_{Cu} = 10^{-6} \cdot k_{Cu} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0,018 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ т/год;}$$

$$\ell_{Cu} = \frac{1000E_{Cu}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 5,5 \cdot 10^{-4}}{3,6 \cdot 2300} = 6,6 \cdot 10^{-5} \text{ г/с.}$$

5. Валовой и секундный выброс для  $Hg$

$$E_{Hg} = 10^{-6} \cdot k_{Hg} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0,0079 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ т/год;}$$

$$\ell_{Hg} = \frac{1000E_{Hg}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 2,4 \cdot 10^{-4}}{3,6 \cdot 2300} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ г/с.}$$

6. Валовой и секундный выброс для

$Ni$

$$E_{Ni} = 10^{-6} \cdot k_{Ni} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0,0241 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 7,3 \cdot 10^{-4} \text{ т/год;}$$

$$\ell_{Ni} = \frac{1000E_{Ni}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 7,3 \cdot 10^{-4}}{3,6 \cdot 2300} = 8,8 \cdot 10^{-5} \text{ г/с.}$$



7. Валовой и секунднй выброс для  $Pb$

$$E_{Pb} = 10^{-6} \cdot k_{Pb} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0,026 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{ т/год};$$

$$l_{Pb} = \frac{1000E_{Pb}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 7,9 \cdot 10^{-4}}{3,6 \cdot 2300} = 9,5 \cdot 10^{-5} \text{ г/с.}$$

8. Валовой и секунднй выброс для  $Se$

$$E_{Se} = 10^{-6} \cdot k_{Se} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 0 \text{ т/год};$$

$$l_{Se} = \frac{1000E_{Se}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 0}{3,6 \cdot 2300} = 0 \text{ г/с.}$$

9. Валовой и секунднй выброс для  $Zn$

$$E_{Zn} = 10^{-6} \cdot k_{Zn} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 0,066 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 0,002 \text{ т/год};$$

$$l_{Zn} = \frac{1000E_{Zn}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 0,002}{3,6 \cdot 2300} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ г/с.}$$

Выброс оксида диазота

Определение валового выброса оксида диазота осуществляется по уравнению 3.1 и данных табл. 3.1 и 3.2(ж)

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \cdot k_{N_2O} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 56 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 1,698 \text{ т/год.}$$

Определение секундного выброса оксида диазота

$$l_{N_2O} = \frac{1000E_{N_2O}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 1,698}{3,6 \cdot 2300} = 0,205 \text{ г/с.}$$

Выброс метана

Определение валового выброса метана осуществляется по уравнению 3.1 и данных табл. 3.1 и 3.2(з)

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot k_{CH_4} \cdot T_{cy} \cdot Q_i^r = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 1733 \cdot 17,5 = 0,03 \text{ т/год.}$$

Определение секундного выброса метана

$$l_{CH_4} = \frac{1000E_{CH_4}}{3,6T_{cy}} = \frac{1000 \cdot 0,03}{3,6 \cdot 2300} = 0,004 \text{ г/с.}$$



### 3.4.2. Аспирационная система

На фабрике имеется аспирационная система мощностью  $V_a = 27500 \text{ Н}\cdot\text{м}^3/\text{ч}$ . Время ее работы  $T_a = 3219$  час в год. Концентрация пыли в воздухе, попадающем в аспирационную систему  $C_a = 4,4 \text{ г}/(\text{Н}\cdot\text{м}^3/\text{ч})$ , коэффициент улавливания  $\eta_a = 0,85$ .

Расчет отходящих твердых частиц для аспирационной системы осуществляется по уравнению 3.9 и данных табл. 3.1

$$M_o^a = C_a \cdot V_a \cdot T_a \cdot 10^{-6} = 4,4 \cdot 27500 \cdot 3219 \cdot 10^{-6} = 389,5 \text{ т/год.}$$

Количество уловленных твердых частиц определяется по уравнению 3.10

$$M_y^a = M_o^a \cdot \eta_a = 389,5 \cdot 0,85 = 331,1 \text{ т/год.}$$

Количество выбрасываемых в атмосферу твердых частиц определяется по уравнению 3.11

$$M_g^a = M_o^a - M_y^a = 389,5 - 331,1 = 58,4 \text{ т/год.}$$

Секундный выброс твердых частиц в атмосферу аспирационной системой

$$m_g^a = \frac{1000 M_g^a}{3,6 T_a} = \frac{1000 \cdot 58,4}{3,6 \cdot 3219} = 5,04 \text{ г/с.}$$

### 3.4.3. Негорящий действующий породный отвал

На фабрике имеется плоский действующий негорящий породный отвал. Порода доставляется автосамосвалами и планируется бульдозером. Ежегодно в отвал подается  $\Pi = 162400 \text{ м}^3$  породы с влажностью  $W_n^r = 11,5\%$ . Площадь пылящей поверхности отвала равна  $S_o = 130000 \text{ м}^2$ . Пылеподавление на данном отвале не производится. Для местности, где расположен отвал, характерно: часто повторяющаяся скорость ветра  $V_g = 4,5 \text{ м/с}$  и  $T_c = 180$  дней с устойчивым снежным покровом.

Так как отвал негорящий, то к загрязняющим веществам относятся только твердые частицы. Выбросы твердых частиц в атмосферу отвалами определяются как сумма выбросов при формировании и при сдувании частиц с пылящей поверхности.

Количество частиц, выделяющихся при формировании отвала, определяется по формуле 3.12

$$M_o^{\phi} = K_0 \cdot K_1 \cdot q_{\phi} \cdot \Pi (1 - \eta'_o) \cdot 10^{-6} = 0,1 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 162400 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-6} = 0,195 \text{ т/год.}$$

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности породного отвала, определяется по формуле 3.13



$$\begin{aligned} M_o^c &= 86,4 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot S_o \cdot q_c \cdot K_{us} (365 - T_c)(1 - \eta'_o) = \\ &= 86,4 \cdot 0,1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 130000 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} (365 - 180)(1 - 0) = 0,013 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

Итого выбросов твердых частиц

$$M_o = M_o^\phi + M_o^c = 0,195 + 0,013 = 0,208 \text{ т/год.}$$

### 3.4.4. Горящий недействующий породный отвал

На балансе фабрики находится горящий второй год недействующий породный отвал ( $n_1 = 1$ ). Выбросами загрязняющих веществ являются твердые частицы сдуваемые с поверхности породного отвала и газообразные вещества, выделяемые в результате его горения. Мероприятия по пылеподавлению и снижению очагов горения не производятся  $\eta_o = 0$ ;  $\eta_\Gamma = 0$ .

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности породного отвала, определяется по формуле 3.13. и данным табл. 3.1

$$\begin{aligned} M_o^c &= 86,4 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot S_o \cdot q_c \cdot K_{us} (365 - T_c)(1 - \eta'_o) = \\ &= 86,4 \cdot 0,1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 130000 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} (365 - 180)(1 - 0) = 0,013 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

Количество выделяемых газообразных вредных веществ определяется по формуле 3.15 и данным табл. 3.7

а) выбросы диоксида серы

$$M_{SO_2} = q_{SO_2} \cdot n_1 \cdot K_\Delta = 453,6 \cdot 1 \cdot 0,3 = 136,08 \text{ т/год;}$$

б) выбросы оксидов азота

$$M_{NO_x} = q_{NO_x} \cdot n_1 \cdot K_\Delta = 45,3 \cdot 1 \cdot 0,3 = 13,59 \text{ т/год;}$$

в) выбросы сероводорода

$$M_{H_2S} = q_{H_2S} \cdot n_1 \cdot K_\Delta = 226,8 \cdot 1 \cdot 0,3 = 67,83 \text{ т/год;}$$

г) выбросы оксида углерода

$$M_{CO} = q_{CO} \cdot n_1 \cdot K_\Delta = 4536,0 \cdot 1 \cdot 0,3 = 1360,8 \text{ т/год.}$$

### 3.4.5. Склад угольного концентрата

На балансе находится 1 склад готовой угольной товарной продукции открытого типа со всех сторон. Количество угля влажностью 6% и крупностью 10-50 мм, поступающего на склад, составляет 7 т/час. Высота пересыпа – 1,5 м, площадь основания

штабелей угля – 1000 м<sup>2</sup>, фактическая поверхность материала – 1400 м<sup>2</sup>. Пылеподавление не применяется. Для местности, где расположен склад, характерна часто повторяющаяся скорость ветра 6 м/с и 180 дней в году снежного покрова.

Выбросами загрязняющих веществ в атмосферу являются твердые частицы, поднимающиеся в воздух при пересыпке и перемещении материала в результате сдувания ветром.

Удельный выброс твердых частиц со склада угольной товарной продукции определяется по формуле 3.16

$$q_{ск} = A + B = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot G \cdot 10^6 \cdot B'}{3600} + k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot q' \cdot F =$$

$$= \frac{0,03 \cdot 0,02 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 7 \cdot 10^6 \cdot 0,6}{3600} + 1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,4 \cdot 0,5 \cdot 0,005 \cdot 1000 =$$

$$= 0,294 + 2,94 = 3,234 \text{ г/с},$$

где  $k_6 = \frac{F_{факт}}{F} = \frac{1400}{1000} = 1,4$ .

Общий объем выбросов твердых частиц со склада определяется по формуле 3.17

$$M_{ск} = 1,44 \cdot q_{ск} \cdot (365 - T_c) \cdot 10^{-3} = 1,44 \cdot 3,234 \cdot (365 - 180) \cdot 10^{-3} = 0,861, \text{ т/год.}$$

### 3.4.6. Илонакопитель

На фабрике имеется 1 илонакопитель площадью  $F_{ул} = 13,5$  га. Пляжная зона составляет  $f_{нл} = 0,6$ . Влажность верхнего слоя материала пляжной зоны илонакопителя составляет  $W_{ул} = 13,6\%$ . Для местности, где расположен открытый со всех сторон илонакопитель, часто повторяющаяся скорость ветра равна  $V_6 = 6$  м/с. Пылеподавление не осуществляется  $\eta_{ул}^n = 0$ .

Загрязняющим веществом от илонакопителя являются твердые частицы.

Удельный выброс твердых частиц от илонакопителя определяется по части В формулы 3.16

$$q_{ул} = B = k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot q' \cdot F_{нл} = 1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,01 \cdot 1 \cdot 0,005 \cdot 81000 = 5,67 \text{ г/с},$$

где  $F_{нл} = f_{нл} \cdot F_{ул} = 0,6 \cdot 13,5 = 8,1$  га или 81000 м<sup>2</sup>.

Общий объем выбросов твердых частиц с илонакопителя определяется по формуле 3.17

$$M_{ул} = 1,44 \cdot q_{ул} \cdot (365 - T_c) \cdot 10^{-3} = 1,44 \cdot 5,67 \cdot (365 - 180) \cdot 10^{-3} = 1,51, \text{ т/год.}$$



### 3.4.7. Погрузочно-разгрузочные работы

На фабрике всеми видами погрузочно-разгрузочных работ осуществляется отгрузка 1200 тыс. т угольного концентрата с влажностью  $W_k = 8,5\%$ , при высоте пересыпки  $h_n = 1,5$ .

Для местности, где проходят погрузочно-разгрузочные работы, часто повторяющаяся скорость ветра  $V_g = 6$  м/с. Пылеподавление не осуществляется  $\eta_n^n = 0$ .

Загрязняющим веществом при этом виде работ являются твердые частицы.

Количество выбросов твердых частиц от всех видов погрузочно-разгрузочных работ определяется по формуле 3.18

$$\begin{aligned} M_n &= K_0 \cdot K_1 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot q_n \cdot Q_n (1 - \eta_n^1) \cdot 10^{-6} = \\ &= 0,3 \cdot 1,4 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 3,0 \cdot 1200000 \cdot (1 - 0) \cdot 10^6 = 0,454 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

### 3.4.8. Расчет выбросов загрязняющих веществ, сдуваемых при транспортировке горной массы открытым ленточным конвейером

Рядовой уголь на фабрику подается открытым ленточным конвейером, длина которого  $L_{лк} = 1000$  м и ширина ленты  $B_{лк} = 1,4$  м. Время работы  $T_{лк} = 6000$  ч/год, влажность материала  $W_{лк} = 6,2\%$ .

Для местности, где проходит ленточный конвейер часто повторяющаяся скорость ветра  $V_g = 6$  м/с, пылеподавление осуществляется  $\eta_{лк}^n = 0,8$ .

Загрязняющим веществом при этом виде работ являются твердые частицы.

Количество выбросов твердых частиц при транспортировке горной массы открытым ленточным конвейером определяется по формуле 3.19

$$\begin{aligned} M_{лк} &= 3,6 \cdot K_0 \cdot K_1 \cdot q_{лк} \cdot L_{лк} \cdot B_{лк} \cdot f_{изм.} \cdot T_{лк} (1 - \eta_{лк}^1) = \\ &= 3,6 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 3,0 \cdot 10^{-5} \cdot 1000 \cdot 1,4 \cdot 0,1 \cdot 6000 \cdot (1 - 0,8) = 25,4 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

### 3.5. Выбросы загрязняющих веществ при работе углеобогатительного предприятия

Количество загрязняющих веществ, рассчитанное в разделах 3.4.1-3.4.8 для углеобогатительного предприятия, приведено в табл. 3.15.



Таблица 3.13

### Сводная таблица выбросов

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Количество выбросов по источникам, т/год								Итого
		Сушильная установка	Аспирационная система	Действующий негорящий отвал	Недействующий горящий отвал	Склад угля	Илонакопитель	Погрузка концентрата	Открытый ленточный конвейер рядового угля	
1	Оксиды азота	6,718								6,718
2	Сероводород	-			67,83					67,83
3	Сернистый ангидрид	105,366			136,08					241,446
4	Оксид углерода	3,670			1360,8					1364,47
5	Диоксид углерода	2767,948			-					2767,948
6	Оксиды азота	1,698			13,59					15,288
7	Метан	0,03			-					0,03
8	Мышьяк, неорганические соединения	0,01			-					0,01
9	Кадмий	0			-					0
10	Хром шестивалентный	$3,9 \cdot 10^{-4}$			-					$3,9 \cdot 10^{-4}$
11	Меди окись (в пересчете на медь)	$5,5 \cdot 10^{-4}$			-					$5,5 \cdot 10^{-4}$
12	Ртуть металлическая	$2,4 \cdot 10^{-4}$			-					$2,4 \cdot 10^{-4}$
13	Никель металлический	$7,3 \cdot 10^{-4}$			-					$7,3 \cdot 10^{-4}$
14	Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	$7,9 \cdot 10^{-4}$			--					$7,9 \cdot 10^{-4}$
15	Селениум	0			-					0
16	Цинка окись (в пересчете на цинк)	0,002			-					0,002
17	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния от 20 до 70%	2,878	58,4	0,208	0,013	0,861	1,51	0,454	25,4	89,724

### Контрольные вопросы

1. Назовите перечень основных вредных выбросов при обогащении угля.
2. Что такое показатель эмиссии вредных веществ?
3. Какие свойства угля влияют на показатели эмиссии вредных веществ?
4. назовите объекты вредных выбросов углеобогатительного предприятия.



5. Какие санкции предъявляются к предприятию, превышающего нормы выбросов загрязняющих веществ?
6. Какие параметры влияют на количество вредных выбросов?



## 4. ЗАДАНИЕ № 3. РАСЧЕТ НОРМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Цель раздела: сформировать у студентов современное представление о качестве угля и продуктов его переработки, ознакомить с требованиями, предъявляемыми к качеству угольных концентратов коксохимическими и энергетическими предприятиями; привить навыки расчета норм показателей качества товарной угольной продукции.

В разделе приведены общие сведения о качестве рядовых углей и продуктов их переработки; исходные данные к заданию № 3, алгоритм и пример расчета норм показателей качества товарной угольной продукции, а также контрольные вопросы к разделу.

Студент, основываясь на материале раздела, должен уметь:

- дать оценку гранулометрического и фракционного составов рядового угля;
- определить количество и диапазон крупности машинных классов, выделяемых из рядового угля;
- осуществить выбор технологических процессов для обогащения машинных классов различной крупности;
- произвести расчет норм показателей качества угольной продукции.

### 4.1. Общие сведения и исходные данные к заданию

Расчет норм показателей качества угольной продукции при обогащении рядовых углей на углеобогащительных фабриках осуществляется в соответствии с СОУ 10.1.00185755.002-2004 «Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості» [9]. Методикой расчета норм показателей качества углей и продуктов их переработки [10] и дополнений, разработанных авторами [11-13].

Расчет показателей качества производится с точностью 0,1%, а выходов классов, фракций и продуктов – до 0,01%. При округлении чисел руководствуются следующим правилом: последняя сохраняемая цифра не изменяется, если отбрасываемая меньше 5, и увеличивается на 1, если отбрасываемая цифра больше 5. При отбрасывании цифры 5 последняя сохраняемая цифра не изменяется, если она четная, а увеличивается на 1, если она нечетная. Например:  $6,85 \approx 6,8$ ;  $25,355 \approx 25,36$  [10].

Исходной информацией для расчета служат данные гранулометрического и фракционного состава рядового угля, коэффициента шламообразования технологической схемы фабрики (в случае его отсутствия выход дополнительного шлама определяется по формуле, приведенной в [14], способы обогащения машинных классов, зольность продуктов флотации за предыдущий период (в случае их отсутствия принимаются данные исследования флотации данных углей в лабораторных условиях), нормы засорения продуктов обогащения.

Гранулометрический и фракционный составы рядовых углей в виде четырех машинных классов приведены в табл. 4.1, способы обогащения машинных классов и количество, получаемых при этом продуктов, – в табл. 4.2, зольность флотоконцентрата и флотоотходов за предыдущий период – в табл. 4.2, нормы засорения продуктов обогащения некондиционными фракциями – в табл. 4.3-4.8.



Таблица 4.1

## Гранулометрический и фракционный состав рядового угля

№ варианта	Класс +13 мм								Класс 1-13 мм							
	<1,5 т/м <sup>3</sup>		1,5-1,8 т/м <sup>3</sup>		>1,8 т/м <sup>3</sup>		Итого		<1,5 т/м <sup>3</sup>		1,5-1,8 т/м <sup>3</sup>		>1,8 т/м <sup>3</sup>		Итого	
	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	15,2	6,7	3,0	30,3	21,8	86,8	40,0	52,1	25,5	6,7	2,6	25,9	20,5	85,8	48,6	41,1
2	8,8	4,2	1,9	32,9	14,1	82,3	24,8	50,8	33,2	3,7	1,6	28,3	21,6	81,1	56,4	32,6
3	5,0	4,9	1,9	25,8	17,8	75,1	24,7	57,1	31,7	4,9	3,4	24,7	20,8	77,9	55,9	33,3
4	15,8	5,0	3,0	34,2	18,9	86,2	37,7	48,0	25,3	5,8	4,1	32,6	14,8	85,9	44,2	35,1
5	12,7	5,9	1,7	33,4	16,4	83,9	30,8	48,9	22,1	5,9	3,7	29,0	24,2	81,7	50,0	44,3
6	19,2	4,0	1,9	18,1	14,0	84,6	35,1	36,9	27,2	6,3	2,4	22,4	13,3	88,8	42,9	32,8
7	4,6	7,4	0,7	32,4	16,7	75,6	22,0	60,0	26,7	7,7	3,5	31,6	22,3	73,1	52,5	37,1
8	11,8	6,1	1,8	40,9	15,2	82,4	28,8	48,6	32,4	5,2	3,7	41,2	15,8	83,9	51,9	31,7
9	23,1	2,8	2,2	36,5	21,5	79,0	46,8	39,4	21,7	2,6	1,9	36,9	13,3	79,5	36,9	32,1
10	13,9	6,0	0,6	30,2	26,1	79,1	40,6	53,4	25,4	6,3	3,0	24,3	14,1	78,3	42,5	31,5
11	2,2	4,5	0,4	31,3	10,0	79,0	12,6	64,5	25,8	3,7	5,1	22,2	28,4	82,1	59,3	43,7
12	19,1	2,1	5,4	23,2	24,0	79,8	48,5	42,9	18,7	2,2	3,6	26,8	15,3	80,1	37,6	36,3
13	3,4	8,7	0,8	32,5	20,5	78,5	24,7	67,4	19,1	7,8	2,3	33,7	14,8	77,1	36,2	37,8
14	23,8	3,4	2,1	41,6	21,6	82,3	47,5	40,9	22,2	3,2	1,8	34,4	13,1	81,1	37,1	32,2
15	11,8	3,7	0,4	23,8	9,2	85,9	21,4	38,4	29,2	4,2	0,7	22,8	26,2	81,3	56,1	40,4
16	5,2	7,1	1,9	32,5	16,6	79,8	23,7	59,9	28,4	6,6	3,3	34,6	23,8	80,0	55,5	39,4
17	1,6	9,4	1,6	25,9	19,7	78,5	22,9	70,1	31,2	10,5	5,4	20,9	23,6	77,2	60,2	37,6
18	4,9	10,2	1,2	28,7	12,9	79,5	19,0	58,4	30,1	10,3	1,4	28,1	19,9	79,8	51,4	37,7
19	9,2	6,1	1,3	39,6	18,0	84,6	28,5	57,2	32,6	5,5	1,7	38,1	20,3	82,1	54,6	35,0
20	5,5	10,2	1,8	31,3	17,4	82,6	24,7	62,7	28,6	7,3	3,4	30,7	15,4	79,9	47,4	32,6
21	3,1	5,8	0,5	39,4	20,8	79,0	24,4	68,8	27,3	7,2	1,6	31,1	16,8	79,9	45,7	34,7
22	13,1	6,8	2,9	26,6	22,0	86,8	38,0	54,3	23,1	5,2	2,1	26,6	15,2	88,0	40,4	37,5
23	2,2	7,7	1,6	16,7	13,8	82,3	17,6	66,9	28,3	5,2	1,4	26,8	25,0	70,4	54,7	35,6
24	13,5	4,7	7,2	28,0	23,8	86,2	44,5	52,0	17,3	3,2	6,9	29,3	18,2	85,6	42,4	42,8
25	26,6	6,2	0,6	38,6	22,4	79,8	49,6	39,8	18,4	7,9	1,1	38,6	13,3	78,8	32,8	37,7
26	18,3	5,6	2,1	36,3	21,0	87,1	41,4	48,5	20,6	6,6	1,3	37,2	18,2	87,1	40,1	44,1
27	14,3	5,4	4,7	30,3	18,7	84,5	37,7	47,8	21,7	4,8	5,2	28,7	14,8	82,6	41,7	35,4
28	3,0	8,0	3,4	20,0	23,0	75,0	29,4	61,7	19,3	6,4	13,0	15,5	20,6	75,5	52,9	35,5
29	8,5	5,8	1,1	39,0	17,4	83,9	27,0	57,5	26,8	5,0	1,7	37,1	18,3	83,0	46,8	36,7
30	20,0	9,6	2,9	36,9	14,4	84,4	37,9	40,6	31,5	8,8	3,9	34,6	8,2	80,6	43,6	24,6



Продолжение табл. 4.1

№ варианта	Класс 0,5-1 мм								Класс 0,5 мм		Всего	
	<1,5 т/М <sup>3</sup>		1,5-1,8 т/М <sup>3</sup>		>1,8 т/М <sup>3</sup>		Итого		γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %
	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %	γ, %	A <sup>d</sup> , %				
1	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	3,1	7,0	0,3	24,3	2,2	78,0	5,6	35,8	5,8	46,2	100,0	45,5
2	5,2	6,3	0,3	25,8	3,1	79,3	8,6	33,3	10,2	42,5	100,0	38,2
3	5,7	5,0	0,5	26,3	2,5	71,7	8,7	25,4	10,7	29,9	100,0	38,1
4	3,2	5,1	0,6	35,2	1,9	84,4	5,7	34,7	12,4	39,1	100,0	40,4
5	5,4	6,5	0,8	32,4	4,0	78,6	10,2	36,8	9,0	44,2	100,0	44,9
6	5,0	7,7	0,4	33,8	2,0	75,5	7,4	21,7	14,6	25,7	100,0	32,4
7	9,9	7,7	0,7	34,1	2,3	73,1	12,9	20,8	12,6	23,6	100,0	38,3
8	5,0	5,1	0,4	38,8	1,4	79,0	6,8	22,3	12,5	26,7	100,0	35,3
9	5,4	3,6	0,4	35,6	3,4	74,5	9,2	31,2	7,1	39,6	100,0	36,0
10	4,9	6,4	0,4	24,7	1,3	78,3	6,6	21,7	10,3	25,7	100,0	39,1
11	8,6	4,0	0,9	23,9	3,0	75,5	12,5	22,6	15,6	29,4	100,0	41,5
12	3,4	2,5	0,6	27,1	2,5	80,6	6,5	34,8	7,0	41,9	100,0	39,7
13	5,4	7,8	0,4	33,3	1,0	75,1	6,8	19,2	32,3	21,1	100,0	38,5
14	4,6	3,3	0,3	32,6	2,3	80,9	7,2	29,3	8,2	39,3	100,0	36,7
15	6,0	4,3	0,2	23,6	3,4	80,8	9,6	31,8	12,9	39,8	100,0	39,1
16	5,7	6,6	0,4	32,9	1,4	77,3	7,5	21,2	13,3	24,8	100,0	41,0
17	5,3	9,8	0,2	23,2	3,1	74,1	8,6	33,3	8,3	36,2	100,0	44,6
18	13,0	9,6	0,4	28,5	1,5	77,1	14,9	16,9	21,1	20,4	100,0	37,3
19	5,6	5,7	0,2	38,2	1,1	81,3	6,9	18,7	10,0	24,3	100,0	39,1
20	9,1	7,2	0,7	31,7	1,5	81,6	11,3	18,6	16,6	25,8	100,0	37,3
21	4,4	7,0	0,2	32,3	0,6	74,8	5,2	15,8	24,7	14,9	100,0	37,1
22	3,4	5,5	0,3	27,3	1,5	86,4	5,2	30,1	16,4	34,0	100,0	42,9
23	6,2	6,2	0,2	23,8	2,4	72,0	8,8	24,6	18,9	28,7	100,0	38,8
24	3,5	3,4	1,2	30,9	2,5	82,7	7,2	35,5	5,9	46,4	100,0	46,6
25	5,5	7,6	0,2	35,8	3,0	78,2	8,7	32,6	8,9	45,5	100,0	39,0
26	5,5	6,3	0,3	35,9	2,4	85,6	8,2	30,6	10,3	38,0	100,0	44,0
27	7,0	5,0	0,8	23,7	4,6	83,1	12,4	35,2	8,2	43,4	100,0	40,7
28	5,5	7,1	2,0	25,4	1,8	78,2	9,3	24,8	8,4	30,7	100,0	41,8
29	11,8	5,4	0,4	25,9	2,5	80,3	14,7	18,7	11,5	21,7	100,0	37,9
30	4,3	8,9	0,5	36,5	0,9	80,1	5,9	21,8	13,2	27,6	100,0	31,0

## Способы обогащения машинных классов

№ п/ п	Класс +13 мм		Класс 1-13 мм		Класс 0,5-1 мм		Класс 0-0,5 мм		Вариант угля
	Оборудование	Кол-во продук- тов	Оборудование	Кол-во продук- тов	Оборудование	Кол-во продук- тов	$A_{\text{к}}^{\text{дфл}}$ , %	$A_{\text{отх}}^{\text{дфл}}$ , %	
1	СКВ	3	ОМ	3	МВС	3	13,2	68,0	1
2	СКВ	2	ОМ	3	МВС	2	10,4	68,6	2
3	СКВ	3	ОМ	2	МВ	3	10,6	65,1	3
4	ОМ	3	ОМ	3	МВС	2	12,0	67,1	4
5	ОМ	2	ОМ	2	МВС	2	16,5	68,8	5
6	ОМ	2	ОМ	3	МВ	3	8,1	70,9	6
7	СКВ	2	ОМ	3	МВС	3	8,0	67,4	7
8	СКВ	2	ОМ	2	МВС	2	6,9	72,0	8
9	СКВ	3	ГТ	3	МВС	3	16,0	61,0	9
10	СКВ	2	ГТ	3	МВС	3	9,6	68,4	10
11	СКВ	2	ГТ	2	МВС	2	9,0	66,9	11
12	СКВ	3	ОМ	2	МВС	2	11,9	70,1	12
13	СКВ	2	ОМ	3	МВС	2	20,3	73,0	13
14	ОМ	3	ОМ	3	МВС	2	20,1	62,8	14
15	ОМ	2	ОМ	3	МВС	3	14,5	65,3	15
16	ОМ	3	ОМ	3	МВС	3	12,3	70,4	16
17	ОМ	2	ОМ	2	МВС	2	11,8	68,1	17
18	СКВ	3	ГТ	3	МВС	3	11,5	65,9	18
19	СКВ	3	ГТ	2	МВС	3	11,5	75,4	19
20	СКВ	3	ГТ	2	МВС	2	8,9	68,0	20
21	СКВ	2	ГТ	3	МВС	3	9,1	72,9	21
22	СКВ	2	ГТ	2	МВС	3	11,2	74,0	22
23	СКВ	2	ГТ	2	МВС	2	10,6	68,5	23
24	СКВ	3	ОМ	2	МВС	2	9,4	65,3	24
25	СКВ	2	ОМ	3	МВС	3	7,6	73,0	25
26	СКВ	2	ОМ	2	МВС	2	11,2	66,0	26
27	ОМ	3	ОМ	3	МВС	2	13,2	69,7	27
28	ОМ	3	ОМ	2	МВС	2	10,1	67,2	28
29	ОМ	2	ОМ	3	МВС	3	10,1	74,8	29
30	ОМ	2	ОМ	3	МВС	2	7,6	74,0	30
31	ГТ	3	ГТ	3	МВС	3	8,2	72,3	1
32	ГТ	2	ГТ	2	МВС	2	9,4	71,7	2
33	СКВ	3	ГТ	3	МВС	2	8,0	70,3	3
34	СКВ	2	ГТ	2	МВС	2	10,2	69,8	4
35	ОМ	3	ОМ	3	МВС	3	11,3	69,7	5
36	ОМ	2	ОМ	3	МВС	3	10,2	70,3	6
37	ОМ	2	ОМ	2	МВС	2	9,8	71,2	7
38	ОМ	2	ОМ	3	МВС	2	8,8	71,0	8
39	СКВ	3	ОМ	3	МВС	3	9,2	69,7	9
40	СКВ	2	ОМ	3	МВС	3	9,5	68,8	10
41	СКВ	2	ОМ	3	МВС	2	10,2	69,9	11
42	СКВ	2	ОМ	2	МВС	2	9,9	71,1	12
43	ГТ	3	ГТ	3	МВС	3	10,3	68,7	13

44	ГТ	2	ГТ	3	МВС	2	11,5	67,9	14
45	ГТ	2	ГТ	2	МВС	2	9,5	69,6	15

Таблица 4.3

**Нормативы предельного содержания посторонних фракций в продуктах обогащения при обогащении в тяжелых средах с выделением трех продуктов**

Плотность разделения, кг/м <sup>3</sup>	Предельное содержание посторонних фракций в концентрате, %		Предельное содержание посторонних фракций в промпродукте, %		Предельное содержание посторонних фракций в отходах, %	
	средних $\gamma_{c(k)}$	тяжелых $\gamma_{T(k)}$	легких $\gamma_{л(п)}$	тяжелых $\gamma_{T(п)}$	легких $\gamma_{л(o)}$	средних $\gamma_{c(o)}$
<b>Тяжелосредние сепараторы</b>						
1400/1800	0,2	-	8,0	8,0	0,2	0,3
1500/1800	0,2	-	10,0	10,0	0	0,4
1500/1900	0,3	0,2	11,0	11,0	-	0,8
1600/2000	0,4	0,3	12,0	12,0	-	1,1
<b>Тяжелосредние гидроциклоны</b>						
1400/1800	5,0	-	10,0	8,0	0,3	0,7
1500/1800	3,0	0,3	8,0	12,0	0,2	1,2
1500/1900	2,0	0,5	7,0	16,0	0,1	2,1

Таблица 4.4

**Нормативы предельного содержания посторонних фракций в продуктах обогащения при обогащении в тяжелых средах с выделением двух продуктов**

Плотность разделения, кг/м <sup>3</sup>	Предельное содержание посторонних фракций в концентрате, %		Предельное содержание посторонних фракций в отходах, %	
	средних $\gamma_{c(k)}$	тяжелых $\gamma_{T(k)}$	легких $\gamma_{л(o)}$	средних $\gamma_{c(o)}$
<b>Тяжелосредние сепараторы</b>				
1400	3,0	-	0,3	-
1500	2,7	0,3	0,3	0,1
1600	2,0	0,5	0,3	0,2
1700	0,8	1,2	0,3	0,3
1800	-	1,5	0,2	0,8
1900	-	1,5	0,1	1,1
2000	-	1,5	-	1,5
2100	-	1,5	-	1,5
<b>Тяжелосредние гидроциклоны</b>				
1400	2,5	-	0,4	0,1
1500	2,0	0,1	0,3	0,4
1600	1,2	0,3	0,2	0,6
1700	0,5	0,5	0,1	1,0
1800	-	0,7	0,1	1,2
1900	-	0,8	-	1,5

2000	-	0,9	-	1,6
2100	-	1,0	-	1,8

Таблица 4.5

**Засорение продуктов обогащения посторонними фракциями при обогащении углей в отсадочных машинах типа ОМ с выделением трех продуктов**

Обогатимость угля по ГОСТ 10100-75	Концентрат		Промпродукт		Отходы	
	Содержание посторонних фракций (в % от продукта)					
	средних $\gamma_{с(к)}$	тяжелых $\gamma_{т(к)}$	легких $\gamma_{л(п)}$	тяжелых $\gamma_{т(п)}$	легких $\gamma_{л(о)}$	средних $\gamma_{с(о)}$
<b>Крупный машинный класс <math>\geq 13(25)</math> мм</b>						
Легкая	1,3	0,2	15,0	30,0	0,2	1,5
Средняя	1,5	0,4	20,0	35,0	0,3	2,0
Трудная	2,5	0,6	25,0	40,0	0,5	3,0
Очень трудная	3,0	0,7	30,0	40,0	0,7	4,0
<b>Мелкий машинный класс <math>&lt; 13(25)</math> мм до 0,5(1) мм</b>						
Легкая	2,0	0,4	15,0	30,0	0,4	2,0
Средняя	2,5	0,5	20,0	35,0	0,5	3,0
Трудная	3,0	0,6	25,0	40,0	0,6	3,5
Очень трудная	4,0	0,7	30,0	40,0	0,7	4,0
<b>Контрольная отсадка</b>						
Легкая	-	-	-	-	-	-
Средняя	-	-	-	-	-	-
Трудная	5,0	0,9	30,0	35,0	0,7	3,0
Очень трудная	5,0	0,9	30,0	35,0	0,7	3,0

Таблица 4.6

**Засорение продуктов обогащения посторонними фракциями при обогащении углей в отсадочных машинах типа ОМ с выделением двух продуктов**

Обогатимость угля по ГОСТ 10100-75	Концентрат		Отходы	
	Содержание посторонних фракций (в % от продукта)			
	средних $\gamma_{с(к)}$	тяжелых $\gamma_{т(к)}$	легких $\gamma_{л(о)}$	средних $\gamma_{с(о)}$
<b>Каменный уголь - крупный машинный класс <math>\geq 13(25)</math> мм</b>				
Легкая	2,7	0,3	0,2	1,5
Средняя	3,0	0,5	0,3	2,0
Трудная	3,3	0,7	0,5	3,0
Очень трудная	4,0	1,0	0,7	4,0
<b>Каменный уголь - мелкий машинный класс <math>&lt; 13(25)</math> мм до 0,5(1) мм</b>				
Легкая	3,6	0,4	0,4	2,0
Средняя	4,0	0,5	0,5	3,0
Трудная	4,8	0,7	0,6	3,5
Очень трудная	5,0	1,0	0,7	4,0
<b>Антрацит - крупный машинный класс <math>\geq 13(25)</math> мм</b>				
Легкая	3,3	0,7	0,2	1,5
Средняя	4,0	1,0	0,3	2,0
Трудная	4,5	1,5	0,5	3,0
Очень трудная	5,0	2,0	0,7	4,0
<b>Антрацит - мелкий машинный класс <math>&lt; 13(25)</math> мм до 0,5(1) мм</b>				
Легкая	4,0	1,0	0,4	1,6
Средняя	4,5	1,5	0,5	2,0

Грудная	5,0	2,0	0,5	2,0
Очень трудная	5,5	2,5	1,0	2,5

Таблица 4.7

**Нормативы предельного содержания посторонних фракций в продуктах обогащения при обогащении на винтовых сепараторах с выделением трех продуктов**

Плотность разделения, кг/м <sup>3</sup>	Предельное содержание посторонних фракций в концентрате, %		Предельное содержание посторонних фракций в промпродукте, %		Предельное содержание посторонних фракций в отходах, %	
	средний $\gamma_{c(k)}$	тяжелых $\gamma_{t(k)}$	легких $\gamma_{l(p)}$	тяжелых $\gamma_{t(p)}$	легких $\gamma_{l(o)}$	средних $\gamma_{c(o)}$
Легкая	1	3	10	10	4	3
Средняя	3	2	15	15	2	5
Трудная	5	1	20	25	-	7
Очень трудная	10	-	25	35	-	10

Таблица 4.8

**Нормативы предельного содержания посторонних фракций в продуктах обогащения при обогащении на винтовых сепараторах с выделением двух продуктов**

Плотность разделения, кг/м <sup>3</sup>	Предельное содержание посторонних фракций в концентрате, %		Предельное содержание посторонних фракций в отходах, %	
	средний $\gamma_{c(k)}$	тяжелых $\gamma_{t(k)}$	легких $\gamma_{l(o)}$	средних $\gamma_{c(o)}$
Легкая	2,8	7,0	2,8	1,5
Средняя	9,5	3,5	2,0	3,0
Трудная	15,0	1,4	1,2	5,5
Очень трудная	30,0	0,5	0,8	10,0

В случае, когда на фабрике отсутствуют процессы обогащения шламовых продуктов и осуществляется их улавливание и обезвоживание, качество продуктов такой технологии определяется как для класса 0-1 мм при его двухстадиальном сгущении в гидроциклонах ГЦ-630 и ГЦ-360 с содержанием твердого в исходных продуктах, соответственно 120 и 80 г/л и в сгущенных продуктах – 300-400 г/л. Указанная степень сгущения позволяет обезвоживать уловленный шлам на высокочастотных грохотах, ленточных вакуум-фильтрах.

Коэффициенты извлечения твердого в сгущенный продукт и снижения зольности уловленного шлама приведены в табл. 4.9-4.10.



Таблица 4.9

**Коэффициенты извлечения твердого в сгущенный продукт**

Оборудование	Плотность исходного продукта $\rho_{исх.}$ , г/л	Извлечение твердого $E_{сг}^Q$ в сгущенный продукт при его плотности, г/л					Напор, МПа
		<200	200-300	301-400	401-500	>500	
Пирамидальный конусный сгуститель	80-120	0,68	0,48	0,29	0,25	0,15	0,0
	121-200	0,82	0,61	0,35	0,29	0,21	0,0
	>200	н/д	0,64	0,42	н/д	н/д	0,0
Радиальный сгуститель	<80	0,41	0,31	0,22	н/д	н/д	0,0
	80-120	0,48	0,36	0,28	н/д	н/д	0,0
	121-200	0,52	0,40	0,31	н/д	н/д	0,0
	>200	1,00	0,46	0,35	н/д	н/д	0,0
ГЦ-1000	<80	0,32	0,28	0,21	н/д	н/д	0,1
	80-120	0,45	0,39	0,30	0,24	0,14	0,1
	121-200	0,55	0,43	0,32	0,29	0,22	0,1
	>200	-	0,50	0,39	0,35	0,31	0,1
ГЦ-710	<80	0,35	0,24	0,22	0,20	0,18	0,1
	80-120	0,39	0,31	0,29	0,24	0,21	0,1
	121-200	0,48	0,38	0,33	0,28	0,24	0,1
	>200	-	0,45	0,41	0,30	0,26	0,1
ГЦ-630	<80	0,38	0,27	0,25	0,23	0,20	0,1
	80-120	0,41	0,34	0,30	0,26	0,24	0,1
	121-200	0,52	0,45	0,40	0,30	0,26	0,1
	>200	-	0,48	0,44	0,32	0,28	0,1
ГЦ-500	<80	0,44	0,31	0,27	0,25	0,22	0,1
	80-120	0,46	0,41	0,32	0,28	0,26	0,1
	121-200	0,55	0,48	0,44	0,32	0,28	0,1
	>200	-	0,51	0,48	0,38	0,30	0,1
ГЦ-350	<80	0,48	0,41	0,33	0,30	0,25	0,15
	80-120	0,51	0,44	0,40	0,33	0,27	0,15
	121-200	0,58	0,50	0,43	0,35	0,29	0,15
	>200	-	-	0,47	0,38	0,31	0,15
ГЦ-250	<80	0,52	0,44	0,35	0,30	0,25	0,15
	80-120	0,55	0,47	0,38	0,32	0,27	0,15
	121-200	0,62	0,53	0,41	0,33	0,28	0,15
	>200	1,00	0,68	0,46	0,35	0,30	0,15
ГЦ-100	<80	0,56	0,45	0,33	0,29	0,24	0,3
	80-120	0,60	0,54	0,41	0,32	0,26	0,3
ГЦ-50	<80	0,32	0,27	0,25	0,22	0,20	0,3



Таблица 4.10

**Коэффициенты снижения зольности сгущенного продукта**

Оборудование	Коэффициент снижения зольности $E_{сг}^A$ в сгущенный продукт при его плотности, г/л				
	<200	200-300	301-400	401-500	>500
Пирамидальный (конусный) сгуститель	0,99	0,87	0,76	0,66	н/д
Радиальный сгуститель	0,96*	0,91*	0,84*	н/д	н/д
	0,99**	0,98**	0,95**	н/д	н/д
ГЦ-100	0,93	0,88	0,83	0,76	0,71
ГЦ-710	0,92	0,85	0,79	0,74	0,69
ГЦ-630	0,90	0,83	0,77	0,72	0,66
ГЦ-500	0,86	0,80	0,72	0,70	0,65
ГЦ-350	0,80	0,76	0,71	0,68	0,65
ГЦ-250	0,80	0,75	0,68	0,65	0,62
ГЦ-100	0,78	0,73	0,66	0,64	0,62
ГЦ-50	0,75	0,70	0,64	0,63	0,62

Примечания: \* - при работе на шламе; \*\* - при работе на хвостах; н/д – нет данных.

**4.2. Обозначения**

При работе норм показателей качества угольной продукции приняты следующие обозначения:

$\gamma_{шл}$  - выход шлама с учетом шламообразования, %;

$\gamma_{0-0,5}$ ;  $\gamma_{0,5-1}$ ;  $\gamma_{0-1}$  - выход шлама крупностью, соответственно, 0-0,5; 0,5-1; 0-1 мм в исходном рядовом угле, %;

$\Delta\gamma_{шл}$  - выход дополнительного шлама, образовавшегося в результате измельчения классов +1 мм рядового угля в технологической схеме фабрики, %;

$\Delta\gamma_{+13}$  - изменение выхода машинного класса +13 мм в результате шламообразования (выход дополнительного шлама, образовавшегося в результате измельчения класса +13 мм в технологической схеме фабрики), %;

$\Delta\gamma_{1-13}$  - изменение выхода класса 1-13 мм в результате шламообразования (выход дополнительного шлама, образовавшегося в результате измельчения класса 1-13 мм в технологической схеме фабрики), %;

$\gamma_{>13}$ ;  $\gamma_{1-13}$  - выход, соответственно, классов +13 мм и 1-13 мм в исходном рядовом угле;

$A_{\Delta K}^d$ ;  $A_{\Delta M}^d$  - зольность шлама, образовавшегося, соответственно, от крупного и мелкого машинных классов, %;

$A_{>13}^d$ ;  $A_{1-13}^d$  - зольность, соответственно, крупного и мелкого машинных классов в исходном рядовом угле, %;

$A_{\Delta}^d$  - зольность дополнительного шлама, %;

$\Delta \gamma'_{>13}$ ;  $A_{>13}^{\prime d}$  - выход и зольность класса +13 мм с учетом шламообразования, %;

$\Delta \gamma'_{1-13}$ ;  $A_{1-13}^{\prime d}$  - выход и зольность класса 1-13 мм с учетом шламообразования, %;

$\Delta \Lambda_{>13}$ ;  $\Delta \Lambda_{1-13}$  - количество шлама, образовавшегося от легких фракций плотностью  $<1500 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, крупного и мелкого машинных классов, %;

$\Delta C_{>13}$ ;  $\Delta C_{1-13}$  - количество шлама, образовавшегося от средних фракций плотностью  $1500-1800 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, крупного и мелкого машинных классов, %;

$\Delta T_{>13}$ ;  $\Delta T_{1-13}$  - количество шлама, образовавшегося от тяжелых фракций плотностью  $>1800 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, крупного и мелкого машинных классов, %;

$\gamma_{>13, <1500}$ ;  $\gamma_{1-13, <1500}$  - количество легких фракций плотностью  $<1500 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах, %;

$\gamma_{>13, 1500-1800}$ ;  $\gamma_{1-13, 1500-1800}$  - количество средних фракций плотностью  $1500-1800 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах, %;

$\gamma_{>13, >1800}$ ;  $\gamma_{1-13, >1800}$  - количество тяжелых фракций плотностью  $>1800 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах, %;

$\gamma'_{>13, <1500}$ ;  $\gamma'_{1-13, <1500}$  - выход легких фракций плотностью  $<1500 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах с учетом шламообразования, %;

$\gamma'_{>13, 1500-1800}$ ;  $\gamma'_{1-13, 1500-1800}$  - выход средних фракций плотностью  $1500-1800 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах с учетом шламообразования, %;

$\gamma'_{>13, >1800}$ ;  $\gamma'_{1-13, >1800}$  - выход тяжелых фракций плотностью  $>1800 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах с учетом шламообразования, %;

$A_{>13, <1500}^{\prime d}$ ;  $A_{1-13, <1500}^{\prime d}$  - зольность легких фракций плотностью  $<1500 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах с учетом шламообразования, %;

$A_{>13, 1500-1800}^{\prime d}$ ;  $A_{1-13, 1500-1800}^{\prime d}$  - зольность средних фракций плотностью  $1500-1800 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах с учетом шламообразования, %;

$A_{>13, >1800}^{\prime d}$ ;  $A_{1-13, >1800}^{\prime d}$  - зольность тяжелых фракций плотностью  $>1800 \text{ кг/м}^3$ , соответственно, в крупном и мелком машинных классах с учетом шламообразования, %;

$\Delta \gamma_{шл., 0,5-1}$ ;  $\Delta \gamma_{шл. 0-0,5}$  - выход дополнительного шлама, перешедшего, соответственно, в класс 0,5-1 и 0-0,5 мм, %;

$A_{\Delta 0,5-1}^d$ ;  $A_{\Delta 0-0,5}^d$  - зольность дополнительного шлама, перешедшего, соответственно, в класс 0,5-1 и 0-0,5 мм, %;

$\gamma_{0,5-1}$ ;  $\gamma_{0-0,5}$  - количество шлама крупностью, соответственно, 0,5-1 и 0-0,5 мм с учетом шламообразования, %;



$A'_{0,5-1}{}^d; A'_{0-0,5}{}^d$  - зольность шлама крупностью, соответственно, 0,5-1 и 0-0,5 мм с учетом шламообразования, %;

$\Delta\Lambda_{0,5-1}; \Delta C_{0,5-1}; \Delta T_{0,5-1}$  - количество фракций образующегося шлама переходящего, соответственно, в легкие, средние и тяжелые фракции в классе крупностью 0,5-1 мм, %;

$\Lambda'_{0,5-1}; C'_{0,5-1}; T'_{0,5-1}$  - выход, соответственно, легких, средних и тяжелых фракций в классе крупностью 0,5-1 мм с учетом шламообразования, %;

$A'_{0,5-1, <1500}{}^d; A'_{0,5-1, 1500-1800}{}^d; A'_{0,5-1, >1800}{}^d$  - зольность, соответственно, легких, средних и тяжелых фракций в классе крупностью 0,5-1 мм с учетом шламообразования, %;

$A_K^{d\phi}; A_O^{d\phi}$  - зольность, соответственно, флотоконцентрата и флотоотходов при работе фабрики за предшествующий период, %.

### 4.3. Алгоритм расчета норм показателей качества угольной продукции

Процедура выполнения задания заключается в определении ситового и фракционного составов машинных классов с учетом шламообразования, определение категории обогатимости машинных классов, обогащаемых гравитационными методами, расчет практических показателей конечных продуктов обогащения машинных классов +13, 1-13 и 0,5-1 мм с учетом допустимых засорений посторонними фракциями, расчет выходов продуктов обогащения машинного класса 0-0,5 мм флотаций по их зольности, составление практического баланса продуктов обогащения, установление предельных норм зольности товарных продуктов.

Определение гранулометрического и фракционного составов рядового угля с учетом шламообразования

1) выход шлама в соответствии с [14]

$$\gamma_{шл} = 4,3 + 1,34 \cdot \gamma_{0-1} = 4,3 + 1,34(\gamma_{0,5-1} + \gamma_{0-0,5}), \%;$$

2) выход дополнительного шлама, образовавшегося в результате измельчения классов +1 мм рядового угля

$$\Delta\gamma_{шл} = \gamma_{шл} - \gamma_{0-1} = \gamma_{шл} - (\gamma_{0,5-1} + \gamma_{0-0,5}), \%;$$

3) выход и зольность шлама, образующегося от крупного (>13 мм) и мелкого (1-13 мм) машинных классов

$$\Delta\gamma_k = \Delta\gamma_{шл} \cdot \gamma_{>13} / (\gamma_{>13} + \gamma_{1-13}), \%;$$

$$\Delta\gamma_m = \Delta\gamma_{шл} - \Delta\gamma_k, \%;$$

$$A_{\Delta K}^d = A_{>13}^d, \%;$$

$$A_{\Delta M}^d = A_{1-13}^d, \%;$$

4) зольность дополнительного шлама

$$A_{\Delta}^d = (\Delta\gamma_k \cdot A_{\Delta K}^d + \Delta\gamma_m \cdot A_{\Delta M}^d) : \Delta\gamma_{шл}, \%;$$

5) выход и зольность класса +13 мм с учетом шламообразования

$$\gamma'_{>13} = \gamma_{>13} - \Delta\gamma_k, \%;$$



$$A'_{>13}{}^d = A_{>13}{}^d, \%;$$

б) выход и зольность класса 1-13 мм с учетом шламообразования

$$\gamma'_{1-13} = \gamma_{1-13} - \Delta\gamma_m, \%;$$

$$A'_{1-13}{}^d = A_{1-13}{}^d, \%;$$

7) количество образующего шлама от фракций различной плотности в класс >13 мм

$$\Delta\Lambda_{>13} = \Delta\gamma_k \cdot \gamma_{>13, <1500} / \gamma_{>13}, \%;$$

$$\Delta C_{>13} = \Delta\gamma_k \cdot \gamma_{>13, 1500-1800} / \gamma_{>13}, \%;$$

$$\Delta T_{>13} = \Delta\gamma_k \cdot \gamma_{>13, >1800} / \gamma_{>13}, \%.$$

Сумма шламов по всем фракциям равна шламу от класса >13 мм, т.е.

$$\Delta\Lambda_{>13} + \Delta C_{>13} + \Delta T_{>13} = \Delta\gamma_k, \%;$$

8) количество образующегося шлама от фракций различной плотности в классе 1-13 мм

$$\Delta\Lambda_{1-13} = \Delta\gamma_m \cdot \gamma_{1-13, <1500} / \gamma_{1-13}, \%;$$

$$\Delta C_{1-13} = \Delta\gamma_m \cdot \gamma_{1-13, 1500-1800} / \gamma_{1-13}, \%;$$

$$\Delta T_{1-13} = \Delta\gamma_m \cdot \gamma_{1-13, >1800} / \gamma_{1-13}, \%.$$

Сумма шламов по всем фракциям равна шламу от класса 1-13 мм, т.е.

$$\Delta\Lambda_{1-13} + \Delta C_{1-13} + \Delta T_{1-13} = \Delta\gamma_m, \%;$$

9) выход фракций с учетом шламообразования в классе >13 мм

$$\gamma'_{>13, <1500} = \gamma_{>13, <1500} - \Delta\Lambda_{>13}, \%;$$

$$\gamma'_{>13, 1500-1800} = \gamma_{>13, 1500-1800} - \Delta C_{>13}, \%;$$

$$\gamma'_{>13, >1800} = \gamma_{>13, >1800} - \Delta T_{>13}, \%.$$

10) выход фракций с учетом шламообразования в классе 1-13 мм:

$$\gamma'_{1-13, <1500} = \gamma_{1-13, <1500} - \Delta\Lambda_{1-13}, \%;$$

$$\gamma'_{1-13, 1500-1800} = \gamma_{1-13, 1500-1800} - \Delta C_{1-13}, \%;$$

$$\gamma'_{1-13, >1800} = \gamma_{1-13, >1800} - \Delta T_{1-13}, \%;$$

11) средневзвешенная зольность фракций в крупном и мелком машинном классе остается без изменений:

$$A'_{>13, <1500}{}^d = A_{>13, <1500}{}^d, \%;$$

$$A'_{>13, 1500-1800}{}^d = A_{>13, 1500-1800}{}^d, \%;$$

$$A'_{>13, >1800}{}^d = A_{>13, >1800}{}^d, \%;$$

$$A'_{1-13, <1500}{}^d = A_{1-13, <1500}{}^d, \%;$$

$$A'_{1-13, 1500-1800}{}^d = A_{1-13, 1500-1800}{}^d, \%;$$

$$A'_{1-13, >1800}{}^d = A_{1-13, >1800}{}^d, \%;$$

12) количество и зольность дополнительно образовавшегося шлама, которое переходит в класс 0,5-1 и 0-0,5 мм

$$\Delta\gamma_{шл.0,5-1} = \Delta\gamma_{шл} \cdot \gamma_{0,5-1} / (\gamma_{0,5-1} + \gamma_{0-0,5}), \%;$$

$$\Delta\gamma_{шл.0-0,5} = \Delta\gamma_{шл} - \Delta\gamma_{шл.0,5-1}, \%;$$

$$A_{\Delta 0,5-1}^d = A_{\Delta 0-0,5}^d = A_{\Delta}^d, \%;$$

13) количество и зольность класса 0,5-1 мм с учетом шламообразования

$$\gamma'_{0,5-1} = \gamma_{0,5-1} + \Delta\gamma_{\text{шл.}0,5-1}, \%;$$

$$A_{0,5-1}^{\prime d} = \left( \gamma_{0,5-1} \cdot A_{0,5-1}^d + \Delta\gamma_{\text{шл.}0,5-1} \cdot A_{\Delta 0,5-1}^d \right) : \gamma'_{0,5-1}, \%;$$

14) количество и зольность класса 0-0,5 мм с учетом шламообразования

$$\gamma'_{0-0,5} = \gamma_{0-0,5} + \Delta\gamma_{\text{шл.}0-0,5}, \%;$$

$$A_{0-0,5}^{\prime d} = \left( \gamma_{0-0,5} \cdot A_{0-0,5}^d + \Delta\gamma_{\text{шл.}0-0,5} \cdot A_{\Delta 0-0,5}^d \right) : \gamma'_{0-0,5}, \%;$$

15) количество фракций образующегося шлама, переходящего в класс 0,5-1 мм

$$\Delta\Lambda_{0,5-1} = (\Delta\Lambda_{>13} + \Delta\Lambda_{1-13}) \cdot \gamma'_{0,5-1} / (\gamma'_{0,5-1} + \gamma'_{0-0,5}), \%;$$

$$\Delta C_{0,5-1} = (\Delta C_{>13} + \Delta C_{1-13}) \cdot \gamma'_{0,5-1} / (\gamma'_{0,5-1} + \gamma'_{0-0,5}), \%;$$

$$\Delta T_{0,5-1} = (\Delta T_{>13} + \Delta T_{1-13}) \cdot \gamma'_{0,5-1} / (\gamma'_{0,5-1} + \gamma'_{0-0,5}), \%;$$

16) зольность фракций образующегося шлама, переходящего в класс 0,5-1 мм

$$A_{\Delta\Lambda}^d = \frac{\gamma'_{>13,<1500} \cdot A_{>13,<1500}^{\prime d} + \gamma'_{1-13,<1500} \cdot A_{1-13,<1500}^d}{\gamma'_{>13,<1500} + \gamma'_{1-13,<1500}}, \%;$$

$$A_{\Delta C}^d = \frac{\gamma'_{>13,1500-1800} \cdot A_{>13,1500-1800}^{\prime d} + \gamma'_{1-13,1500-1800} \cdot A_{1-13,1500-1800}^d}{\gamma'_{>13,1500-1800} + \gamma'_{1-13,1500-1800}}, \%;$$

$$A_{\Delta T}^d = \frac{\gamma'_{>13,>1800} \cdot A_{>13,>1800}^{\prime d} + \gamma'_{1-13,>1800} \cdot A_{1-13,>1800}^d}{\gamma'_{>13,>1800} + \gamma'_{1-13,>1800}}, \%;$$

17) выход фракций в классе 0,5-1 мм с учетом шламообразования

$$\gamma'_{0,5-1,<1500} = \gamma_{0,5-1,<1500} + \Delta\Lambda_{0,5-1}, \%;$$

$$\gamma'_{0,5-1,1500-1800} = \gamma_{0,5-1,1500-1800} + \Delta C_{0,5-1}, \%;$$

$$\gamma'_{0,5-1,>1800} = \gamma_{0,5-1,>1800} + \Delta T_{0,5-1}, \%;$$

18) зольность фракций в классе 0,5-1 мм с учетом шламообразования

$$A_{0,5-1,<1500}^{\prime d} = \frac{A_{0,5-1,<1500}^d \cdot \gamma_{0,5-1,<1500} + A_{\Delta\Lambda}^d \cdot \Delta\Lambda_{0,5-1}}{\gamma_{0,5-1,<1500} + \Delta\Lambda_{0,5-1}}, \%;$$

$$A_{0,5-1,1500-1800}^{\prime d} = \frac{A_{0,5-1,1500-1800}^d \cdot \gamma_{0,5-1,1500-1800} + A_{\Delta C}^d \cdot \Delta C_{0,5-1}}{\gamma_{0,5-1,1500-1800} + \Delta C_{0,5-1}}, \%;$$

$$A_{0,5-1,>1800}^{\prime d} = \frac{A_{0,5-1,>1800}^d \cdot \gamma_{0,5-1,>1800} + A_{\Delta T}^d \cdot \Delta T_{0,5-1}}{\gamma_{0,5-1,>1800} + \Delta T_{0,5-1}}, \%;$$

Фракционный состав рядового угля с учетом шламообразования приведен в табл. 4.11

20) определение категории обогатимости крупного машинного класса

$$T_{>13} = \frac{100 \cdot \gamma'_{>13,1500-1800} : \gamma'_{>13}}{1 - \gamma'_{>13,>1800} : \gamma'_{>13}}, \%;$$



Таблица 4.11

## Фракционный состав рядового угля с учетом шламообразования

Плотность фракций, кг/м <sup>3</sup>	Класс >13 мм		Класс 1-13 мм		Класс 0,5-1 мм		Класс 0-0,5 мм		Всего	
	$\gamma$ , %	$A^d$ , %	$\gamma$ , %	$A^d$ , %	$\gamma$ , %	$A^d$ , %	$\gamma$ , %	$A^d$ , %	$\gamma$ , %	$A^d$ , %
<1500	$\gamma'_{>13,<1500}$	$A'^d_{>13,<1500}$	$\gamma'_{1-13,<1500}$	$A'^d_{1-13,<1500}$	$\gamma'_{0,5-1,<1500}$	$A'^d_{0,5-1,<1500}$				
1500-1800	$\gamma'_{>13,1500-1800}$	$A'^d_{>13,1500-1800}$	$\gamma'_{1-13,1500-1800}$	$A'^d_{1-13,1500-1800}$	$\gamma'_{0,5-1,1500-1800}$	$A'^d_{0,5-1,1500-1800}$				
>1800	$\gamma'_{>13,>1800}$	$A'^d_{>13,>1800}$	$\gamma'_{1-13,>1800}$	$A'^d_{1-13,>1800}$	$\gamma'_{0,5-1,>1800}$	$A'^d_{0,5-1,>1800}$				
Итого	$\gamma'_{>13}$	$A'^d_{>13}$	$\gamma'_{1-13}$	$A'^d_{1-13}$	$\gamma'_{0,5-1}$	$A'^d_{0,5-1}$	$\gamma'_{0-0,5}$	$A'^d_{0-0,5}$	$\gamma'_{0-100}$	$A'^d_{0-100}$



21) определение категории обогатимости мелкого машинного класса

$$T_{1-13} = \frac{100 \cdot \gamma'_{1-13,1500-1800} : \gamma'_{1-13}}{1 - \gamma'_{1-13,>1800} : \gamma'_{1-13}}, \%;$$

22) определение категории обогатимости класса 0,5-1 мм

$$T_{0,5-1} = \frac{100 \cdot \gamma'_{0,5-1,1500-1800} : \gamma'_{0,5-1}}{1 - \gamma'_{0,5-1,>1800} : \gamma'_{0,5-1}}, \%.$$

Расчет практических показателей конечных продуктов производится с учетом допустимых засорений посторонними фракциями, величина которых принимается по табл.1.2-1.6.

Для обогащения крупного машинного класса с выделением трех продуктов при плотностях разделения 1500 и 1800 кг/м<sup>3</sup> для каменных углей и 1800 и 2000 кг/м<sup>3</sup> – для антрацитов:

$\gamma_{C(\kappa)}^K$  - засорение крупного концентрата средними фракциями, %;

$\gamma_{T(\kappa)}^K$  - засорение крупного концентрата тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(nn)}^K$  - засорение крупного промпродукта легкими фракциями, %;

$\gamma_{T(nn)}^K$  - засорение крупного промпродукта тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(o)}^K$  - засорение крупных отходов легкими фракциями, %;

$\gamma_{C(o)}^K$  - засорение крупных отходов средними фракциями, %.

Для обогащения крупного машинного класса с выделением двух продуктов при плотности разделения 1800 кг/м<sup>3</sup> для каменных углей и 2000 кг/м<sup>3</sup> для антрацитов:

$\gamma_{C(\kappa)}^K$  - засорение крупного концентрата средними фракциями, %;

$\gamma_{T(\kappa)}^K$  - засорение крупного концентрата тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(o)}^K$  - засорение крупных отходов легкими фракциями, %;

$\gamma_{C(o)}^K$  - засорение крупных отходов средними фракциями, %.

Для обогащения мелкого машинного класса с выделением трех продуктов при плотностях разделения 1500 и 1800 кг/м<sup>3</sup> для каменных углей и 1800 и 2000 кг/м<sup>3</sup> – для антрацитов:

$\gamma_{C(\kappa)}^M$  - засорение мелкого концентрата средними фракциями, %;

$\gamma_{T(\kappa)}^M$  - засорение мелкого концентрата тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(nn)}^M$  - засорение мелкого промпродукта легкими фракциями, %;

$\gamma_{T(nn)}^M$  - засорение мелкого промпродукта тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(o)}^M$  - засорение мелких отходов легкими фракциями, %;

$\gamma_{C(o)}^M$  - засорение мелких отходов средними фракциями, %.

Для обогащения мелкого машинного класса с выделением двух продуктов при плотности разделения 1800 кг/м<sup>3</sup> для каменных углей и 2000 кг/м<sup>3</sup> для антрацитов:



$\gamma_{C(\kappa)}^M$  - засорение мелкого концентрата средними фракциями, %;

$\gamma_{T(\kappa)}^M$  - засорение мелкого концентрата тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(o)}^M$  - засорение мелких отходов легкими фракциями, %;

$\gamma_{C(o)}^M$  - засорение мелких отходов средними фракциями, %.

Для обогащения шламового продукта методом винтовой (или иной) сепарации с выделением трех продуктов при плотностях разделения 1500 и 1800 кг/м<sup>3</sup> для каменных углей, и 1800 и 2000 кг/м<sup>3</sup> – для антрацитов:

$\gamma_{C(\kappa)}^{MBC}$  - засорение концентрата MBC средними фракциями, %;

$\gamma_{T(\kappa)}^{MBC}$  - засорение концентрата MBC тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(nn)}^{MBC}$  - засорение промпродукта MBC легкими фракциями, %;

$\gamma_{T(nn)}^{MBC}$  - засорение промпродукта MBC тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(o)}^{MBC}$  - засорение отходов MBC легкими фракциями, %;

$\gamma_{C(o)}^{MBC}$  - засорение отходов MBC средними фракциями, %.

Для обогащения шламового продукта методом винтовой (или иной) сепарации с выделением двух продуктов при плотности разделения 1800 кг/м<sup>3</sup> для каменных углей и 2000 кг/м<sup>3</sup> для антрацитов:

$\gamma_{C(\kappa)}^{MBC}$  - засорение концентрата MBC средними фракциями, %;

$\gamma_{T(\kappa)}^{MBC}$  - засорение концентрата MBC тяжелыми фракциями, %;

$\gamma_{\Lambda(o)}^{MBC}$  - засорение отходов MBC легкими фракциями, %;

$\gamma_{C(o)}^{MBC}$  - засорение отходов MBC средними фракциями, %.

По принятым засорениям определяются выходы и зольности продуктов обогащения машинных классов крупностью +13, 1-13 и 0,5-1 мм.

Выход и зольность продуктов обогащения крупного машинного класса при выделении трех продуктов

1) выход и зольность крупного концентрата

$$\gamma_{\kappa}^k = \gamma'_{>13, <1500} - \frac{\left( \gamma_{\Lambda(nn)}^k \cdot \gamma'_{>13, 1500-1800} + \gamma_{\Lambda(o)}^k \cdot \gamma'_{>13, >1800} \right)}{100} + \frac{\left( \gamma_{C(\kappa)}^k + \gamma_{T(\kappa)}^k \right) \cdot \gamma'_{>13, <1500}}{100}, \%;$$

$$A_{\kappa}^{dk} = \frac{\left( 100 - \gamma_{C(\kappa)}^k - \gamma_{T(\kappa)}^k \right) \cdot A'_{>13, <1500} + \gamma_{C(\kappa)}^k \cdot A'_{>13, 1500-1800} + \gamma_{T(\kappa)}^k \cdot A'_{>13, >1800}}{100}, \%;$$

2) выход и зольность крупного промпродукта

$$\gamma_{nn}^k = \gamma'_{>13,1500-1800} - \frac{(\gamma_{C(k)}^k \cdot \gamma'_{>13,<1500} + \gamma_{C(o)}^k \cdot \gamma'_{>13,>1800})}{100} +$$

$$+ \frac{(\gamma_{\Lambda(nn)}^k + \gamma_{T(nn)}^k) \cdot \gamma'_{>13,1500-1800}}{100}, \%;$$

$$A_{nn}^{dk} = \frac{(100 - \gamma_{\Lambda(nn)}^k - \gamma_{T(nn)}^k) \cdot A'_{>13,1500-1800} + \gamma_{\Lambda(nn)}^k \cdot A'_{>13,<1500} + \gamma_{T(nn)}^k \cdot A'_{>13,>1800}}{100}, \%;$$

3) выход и зольность крупных отходов определяется по материальному и зольному балансам крупного машинного класса

$$\gamma_O^k = \gamma'_{>13} - \gamma_{\kappa}^k - \gamma_{nn}^k, \%;$$

$$A_O^{dm} = (\gamma'_{>13} \cdot A'_{>13} - \gamma_{\kappa}^k \cdot A_{\kappa}^{dk} - \gamma_{nn}^k \cdot A_{nn}^{dk}) : \gamma_O^k, \%;$$

Выход и зольность продуктов обогащения крупного машинного класса при выделении двух продуктов:

1) выход и зольность крупного концентрата

$$\gamma_{\kappa}^k = \gamma'_{>13,<1500} + \gamma'_{>13,1500-1800} - \frac{\gamma'_{>13,>1800} (\gamma_{\Lambda(o)}^k + \gamma_{C(o)}^k)}{100} +$$

$$+ \frac{(\gamma'_{>13,<1500} + \gamma'_{>13,1500-1800}) \cdot \gamma_{T(\kappa)}^k}{100}, \%;$$

$$A_{\kappa}^{dk} = \left[ \left( \gamma'_{>13,<1500} - \frac{\gamma'_{>13,>1800} \cdot \gamma_{\Lambda(o)}^k}{100} \right) \cdot A'_{>13,<1500} + \right.$$

$$\left. + \left( \gamma'_{>13,1500-1800} - \frac{\gamma'_{>13,>1800} \cdot \gamma_{C(o)}^k}{100} \right) \cdot A'_{>13,1500-1800} + \right.$$

$$\left. + \frac{(\gamma'_{>13,<1500} + \gamma'_{>13,1500-1800}) \cdot \gamma_{T(\kappa)}^k \cdot A'_{>13,>1800}}{100} \right] : \gamma_{\kappa}^k, \%;$$

2) выход и зольность крупных отходов



$$\gamma_O^k = \gamma'_{>13} - \gamma_k^k, \%;$$

$$A_O^{dM} = \left( \gamma'_{>13} \cdot A'_{>13}{}^d - \gamma_k^k \cdot A_k^{dM} \right) : \gamma_O^k, \%;$$

Выход и зольность продуктов обогащения мелкого машинного класса с выделением трех продуктов:

1) выход и зольность мелкого концентрата

$$\gamma_k^M = \gamma'_{1-13, <1500} - \frac{\left( \gamma_{\Lambda(nn)}^M \cdot \gamma'_{1-13, 1500-1800} + \gamma_{\Lambda(o)}^M \cdot \gamma'_{1-13, >1800} \right)}{100} + \frac{\left( \gamma_{C(k)}^M + \gamma_{T(k)}^M \right) \cdot \gamma'_{1-13, <1500}}{100}, \%;$$

$$A_k^{dM} = \frac{\left( 100 - \gamma_{C(k)}^M - \gamma_{T(k)}^M \right) \cdot A'_{1-13, <1500}{}^d + \gamma_{C(k)}^M \cdot A'_{1-13, 1500-1800}{}^d + \gamma_{T(k)}^M \cdot A'_{1-13, >1800}{}^d}{100}, \%;$$

2) выход и зольность мелкого промпродукта

$$\gamma_{nn}^M = \gamma'_{1-13, 1500-1800} - \frac{\left( \gamma_{C(k)}^M \cdot \gamma'_{1-13, <1500} + \gamma_{C(o)}^M \cdot \gamma'_{1-13, >1800} \right)}{100} + \frac{\left( \gamma_{\Lambda(nn)}^M + \gamma_{T(nn)}^M \right) \cdot \gamma'_{1-13, 1500-1800}}{100}, \%;$$

$$A_{nn}^{dM} = \frac{\left( 100 - \gamma_{\Lambda(nn)}^M - \gamma_{T(nn)}^M \right) \cdot A'_{1-13, 1500-1800}{}^d + \gamma_{\Lambda(nn)}^M \cdot A'_{1-13, <1500}{}^d + \gamma_{T(nn)}^M \cdot A'_{1-13, >1800}{}^d}{100}, \%;$$

3) выход и зольность мелких отходов определяется по материальному и зольному балансам мелкого машинного класса

$$\gamma_O^M = \gamma'_{1-13} - \gamma_k^M - \gamma_{nn}^M, \%;$$

$$A_O^{dM} = \left( \gamma'_{1-13} \cdot A'_{1-13}{}^d - \gamma_k^M \cdot A_k^{dM} - \gamma_{nn}^M \cdot A_{nn}^{dM} \right) : \gamma_O^M, \%;$$

Выход и зольность продуктов обогащения мелкого машинного класса с выделением двух продуктов:



1) выход и зольность мелкого концентрата

$$\gamma_K^M = \gamma'_{1-13, <1500} + \gamma'_{1-13, 1500-1800} - \frac{\gamma'_{1-13, >1800} (\gamma_{\Lambda(o)}^M + \gamma_{C(o)}^M)}{100} +$$

$$+ \frac{(\gamma'_{1-13, <1500} + \gamma'_{1-13, 1500-1800}) \cdot \gamma_{T(\kappa)}^M}{100}, \%;$$

$$A_K^{dM} = \left[ \left( \gamma'_{1-13, <1500} - \frac{\gamma'_{1-13, >1800} \cdot \gamma_{\Lambda(o)}^M}{100} \right) \cdot A'_{1-13, <1500} + \right.$$

$$+ \left( \gamma'_{1-13, 1500-1800} - \frac{\gamma'_{1-13, >1800} \cdot \gamma_{C(o)}^M}{100} \right) \cdot A'_{1-13, 1500-1800} +$$

$$\left. + \frac{(\gamma'_{1-13, <1500} + \gamma'_{1-13, 1500-1800}) \cdot \gamma_{T(\kappa)}^M \cdot A'_{1-13, >1800}}{100} \right] : \gamma_K^M, \%;$$

2) выход и зольность мелких отходов определяется по материальному и зольному балансам мелкого машинного класса

$$\gamma_O^M = \gamma'_{1-13} - \gamma_K^M, \%;$$

$$A_O^{dM} = (\gamma'_{1-13} \cdot A'_{1-13} - \gamma_K^M \cdot A_K^{dM}) : \gamma_O^M, \%.$$

Выход и зольность продуктов обогащения шламовых продуктов нефлотационной крупности с выделением трех продуктов

1) выход и зольность концентрата MBC

$$\gamma_K^{MBC} = \gamma'_{0,5-1, <1500} - \frac{(\gamma_{\Lambda(nm)}^{MBC} \cdot \gamma'_{0,5-1, 1500-1800} + \gamma_{\Lambda(o)}^{MBC} \cdot \gamma'_{0,5-1, >1800})}{100} +$$

$$+ \frac{(\gamma_{C(\kappa)}^{MBC} + \gamma_{T(\kappa)}^{MBC}) \cdot \gamma'_{0,5-1, <1500}}{100}, \%;$$

$$A_K^{dMBC} = \frac{(100 - \gamma_{C(\kappa)}^{MBC} - \gamma_{T(\kappa)}^{MBC}) \cdot A'_{0,5-1, <1500} + \gamma_{C(\kappa)}^{MBC} \cdot A'_{0,5-1, 1500-1800} +$$

$$+ \frac{\gamma_{T(\kappa)}^{MBC} \cdot A'_{0,5-1, >1800}}{100}, \%.$$



2) выход и зольность промпродукта MBC

$$\gamma_{nn}^{MBC} = \gamma'_{0,5-1,1500-1800} - \frac{(\gamma_{C(\kappa)}^{MBC} \cdot \gamma'_{0,5-1,<1500} + \gamma_{C(o)}^{MBC} \cdot \gamma'_{0,5-1,>1800})}{100} +$$

$$+ \frac{(\gamma_{\Lambda(nn)}^{MBC} + \gamma_{T(nn)}^{MBC}) \cdot \gamma'_{0,5-1,1500-1800}}{100}, \%$$

$$A_{nn}^{dMBC} = \left[ (100 - \gamma_{\Lambda(nn)}^{MBC} - \gamma_{T(nn)}^{MBC}) \cdot A_{0,5-1,1500-1800}^{rd} + \gamma_{\Lambda(nn)}^{MBC} \cdot A_{0,5-1,<1500}^{rd} + \gamma_{T(nn)}^{MBC} \cdot A_{0,5-1,>1800}^{rd} \right] : 100, \%$$

Выход и зольность отходов MBC определяется по материальному и зольному балансам машинного класса крупностью 0,5-1 мм

$$\gamma_O^{MBC} = \gamma'_{0,5-1} - \gamma_{\kappa}^{MBC} - \gamma_{nn}^{MBC}, \%$$

$$A_O^{dMBC} = (\gamma'_{0,5-1} \cdot A_{0,5-1}^{d} - \gamma_{\kappa}^{MBC} \cdot A_{\kappa}^{dMBC} - \gamma_{nn}^{MBC} \cdot A_{nn}^{dMBC}) : \gamma_O^{MBC}, \%$$

Выход и зольность продуктов обогащения шламовых продуктов нефлотационной крупности с выделением двух продуктов

1) выход и зольность концентрата MBC

$$\gamma_{\kappa}^{MBC} = \gamma'_{0,5-1,<1500} + \gamma'_{0,5-1,1500-1800} - \frac{\gamma'_{0,5-1,>1800} (\gamma_{\Lambda(o)}^{MBC} + \gamma_{C(o)}^{MBC})}{100} +$$

$$+ \frac{(\gamma'_{0,5-1,<1500} + \gamma'_{0,5-1,1500-1800}) \cdot \gamma_{T(\kappa)}^{MBC}}{100}, \%$$



$$A_{\kappa}^{dMBC} = \left[ \left( \gamma'_{0,5-1,<1500} - \frac{\gamma'_{0,5-1,>1800} \cdot \gamma_{\Lambda(o)}^{MBC}}{100} \right) \cdot A'_{0,5-1,<1500} + \left( \gamma'_{0,5-1,1500-1800} - \frac{\gamma'_{0,5-1,>1800} \cdot \gamma_{C(o)}^{MBC} \cdot A'_{0,5-1,1500-1800}}{100} \right) + \frac{(\gamma'_{0,5-1,<1500} + \gamma'_{0,5-1,1500-1800}) \cdot \gamma_{T(\kappa)}^{MBC} \cdot A'_{0,5-1,>1800}}{100} \right] : \gamma_{\kappa}^{MBC}, \%;$$

2) выход и зольность отходов MBC определяется по материальному и зольному балансам машинного класса 0,5-1 мм

$$\gamma_O^{MBC} = \gamma'_{0,5-1} - \gamma_{\kappa}^{MBC}, \%;$$

$$A_O^{dMBC} = (\gamma'_{0,5-1} \cdot A'_{0,5-1} - \gamma_{\kappa}^{MBC} \cdot A_{\kappa}^{dMBC}) : \gamma_O^{MBC}, \%.$$

Расчет практических показателей конечных продуктов обогащения шламовых продуктов флотационной крупности методом флотации осуществляется с использованием практических данных работы флотации за предшествующий период (табл. 4.2).

1) выход флотоконцентрата

$$\gamma_{\kappa}^{\phi\lambda} = \gamma'_{0-0,5} \left( \frac{A_o^{d\phi\lambda} - A'_{0-0,5}}{A_o^{d\phi\lambda} - A_{\kappa}^{d\phi\lambda}} \right), \%;$$

2) выход отходов флотации

$$\gamma_o^{\phi\lambda} = \gamma'_{0-0,5} - \gamma_{\kappa}^{\phi\lambda}, \%.$$

Результаты расчета ожидаемых показателей продуктов обогащения, оформляются в виде табл. 4.12.



**Практический баланс продуктов обогащения**

Продукты	Выход, %	Зольность, %
Концентрат +13 мм	$\gamma_K^k$	$A_K^{dk}$
Концентрат 1-13 мм	$\gamma_K^m$	$A_K^{dm}$
Концентрат МВС	$\gamma_K^{MBC}$	$A_K^{dMBC}$
Флотоконцентрат	$\gamma_K^{fl}$	$A_K^{dfl}$
<b>ИТОГО концентрата</b>	$\gamma_K$	$A_K^d$
Промпродукт +13 мм	$\gamma_{nn}^k$	$A_{nn}^{dk}$
Промпродукт 1-13 мм	$\gamma_{nn}^m$	$A_{nn}^{dm}$
Промпродукт МВС	$\gamma_{nn}^{MBC}$	$A_{nn}^{dMBC}$
<b>ИТОГО промпродукт</b>	$\gamma_{nn}$	$A_{nn}^d$
Отходы +13 мм	$\gamma_o^k$	$A_o^{dk}$
Отходы 1-13 мм	$\gamma_o^m$	$A_o^{dm}$
Отходы МВС	$\gamma_o^{MBC}$	$A_o^{dMBC}$
Отходы флотации	$\gamma_o^{fl}$	$A_o^{dfl}$
<b>ИТОГО отходов</b>	$\gamma_o$	$A_o^d$
<b>ВСЕГО</b>	$\gamma_{p.y.}$	$A_{p.y.}^k$

**4.4. Пример расчета норм показателей качества угольной продукции**

**4.4.1. Формулировка задания**

Выполнить расчет практического баланса продуктов обогащения при обогащении рядового угля на углеобогащательной фабрике с использованием коэффициента засорения  $\beta$ . Обогащение осуществляется следующими методами:

класс >13 мм – в тяжелосредних сепараторах с выделением трех продуктов при плотности разделения 1500 и 1800 кг/м<sup>3</sup>;

класс 1-13 мм – в гидравлических отсадочных машинах с выделением трех продуктов при плотности разделения 1500 и 1800 кг/м<sup>3</sup>;

класс 0,5-1 мм обогащается мокрой винтовой сепарацией с выделением двух продуктов;

класс 0-0,5 мм – флотацией с выделением двух продуктов.

Значения коэффициента шламообразования технологической схемы фабрики отсутствует. Вновь образовавшийся шлам распределяется по классам 0,5-1 и 0-0,5 мм пропорционально их содержанию в классе 0-1 мм.

Исходные данные помещены в табл. 4.1 и 4.2, вариант № 1.

Для удобства пользования гранулометрический и фракционный составы рядового угля по варианту № 1 из табл. 4.1 помещаем в табл. 4.13.



### 4.4.2. Корректировка granulometric and fraction composition of row coal with slag formation

Предварительно рассчитываются следующие показатели:

1) выход шлама в соответствии с формулами [14]

$$\gamma_{шл.} = 4,3 + 1,34 \cdot \gamma_{0-1} = 4,3 + 1,34(\gamma_{0,5-1} + \gamma_{0-0,5}) = 4,3 + 1,34(5,6 + 5,8) = 19,58\%;$$

2) выход дополнительного шлама, образовавшегося в результате измельчения классов +1 мм рядового угля

$$\Delta\gamma_{шл.} = \gamma_{шл.} - \gamma_{0-1} = \gamma_{шл.} - (\gamma_{0,5-1} + \gamma_{0-0,5}) = 19,58 - (5,6 + 5,8) = 8,18\%;$$

3) выход и зольность шлама, образующегося от крупного (>13 мм) и мелкого (1-13 мм) машинных классов

$$\Delta\gamma_K = \Delta\gamma_{шл.} \cdot \gamma_{>13} / (\gamma_{>13} + \gamma_{1-13}) = 8,18 \cdot 40,0 / (40,0 + 48,6) = 3,69\%;$$

$$\Delta\gamma_M = \Delta\gamma_{шл.} - \Delta\gamma_K = 8,18 - 3,69 = 4,49\%;$$

$$A_{\Delta K}^d = A_{>13}^d = 52,1\%;$$

$$A_{\Delta M}^d = A_{1-13}^d = 41,1\%.$$

Таблица 4.13

#### Фракционный состав рядового угля, планируемого к обогащению, вариант № 1

Плотность фракций, кг/м <sup>3</sup>	Класс >13 мм		Класс 1-13 мм		Класс 0,5-1 мм		Класс 0-0,5 мм		Всего	
	$\gamma, \%$	$A^d, \%$	$\gamma, \%$	$A^d, \%$	$\gamma, \%$	$A^d, \%$	$\gamma, \%$	$A^d, \%$	$\gamma, \%$	$A^d, \%$
<1500	15,2	6,7	25,5	6,7	3,1	7,0				
1500-1800	3,0	30,3	2,6	25,9	0,3	24,3				
>1800	21,8	86,8	20,5	85,8	2,2	78,0				
<b>Итого</b>	<b>40,0</b>	<b>52,1</b>	<b>48,6</b>	<b>41,1</b>	<b>5,6</b>	<b>35,8</b>	<b>5,8</b>	<b>46,2</b>	<b>100,0</b>	<b>45,5</b>

4) зольность дополнительного шлама

$$A_{\Delta}^d = (\Delta\gamma_K \cdot A_{\Delta K}^d + \Delta\gamma_M \cdot A_{\Delta M}^d) : \Delta\gamma_{шл.} = (3,69 \cdot 52,1 + 4,9 \cdot 41,1) : 8,18 = 46,1\%;$$

5) выход и зольность класса +13 мм с учетом шламообразования



$$\gamma'_{>13} = \gamma_{>13} - \Delta\gamma_k = 40,0 - 3,69 = 36,31\%;$$

$$A'_{>13} = A_{>13} = 52,1\%;$$

б) выход и зольность класса 1-13 мм с учетом шламообразования

$$\gamma'_{1-13} = \gamma_{1-13} - \Delta\gamma_m = 48,6 - 4,49 = 44,11\%;$$

$$A'_{1-13} = A_{1-13} = 41,1\%;$$

7) количество образующего шлама от фракций различной плотности в классе >13 мм

$$< 1500; \quad \Delta L_{>13} = \Delta\gamma_k \cdot \gamma_{>13, < 1500} / \gamma_{>13} = 3,69 \cdot 15,2 / 40,0 = 1,40\%,$$

$$1500 - 1800; \quad \Delta C_{>13} = \Delta\gamma_k \cdot \gamma_{>13, 1500-1800} / \gamma_{>13} = 3,69 \cdot 3,0 / 40,0 = 0,28\%,$$

$$> 1800; \quad \Delta T_{>13} = \Delta\gamma_k \cdot \gamma_{>13, > 1800} / \gamma_{>13} = 3,69 \cdot 21,8 / 40,0 = 2,01\%.$$

Сумма шламов по всем фракциям равна шламу от класса >13 мм, т.е.

$$\Delta L_{>13} + \Delta C_{>13} + \Delta T_{>13} = \Delta\gamma_k = 1,40 + 0,28 + 2,01 = 3,69\%;$$

8) количество образующегося шлама от фракций различной плотности в классе 1-13 мм:

$$< 1500; \quad \Delta L_{1-13} = \Delta\gamma_m \cdot \gamma_{1-13, < 1500} / \gamma_{1-13} = 4,49 \cdot 25,5 / 48,6 = 2,36\%,$$

$$1500 - 1800; \quad \Delta C_{1-13} = \Delta\gamma_m \cdot \gamma_{1-13, 1500-1800} / \gamma_{1-13} = 4,49 \cdot 2,6 / 48,6 = 0,24\%,$$

$$> 1800; \quad \Delta T_{1-13} = \Delta\gamma_m \cdot \gamma_{1-13, > 1800} / \gamma_{1-13} = 4,49 \cdot 20,5 / 48,6 = 1,89\%.$$

Сумма шламов по всем фракциям равна шламу от класса 1-13 мм, т.е.:

$$\Delta L_{1-13} + \Delta C_{1-13} + \Delta T_{1-13} = \Delta\gamma_m = 2,36 + 0,24 + 1,89 = 4,49\%;$$

9) выход фракций с учетом шламообразования в классе >13 мм:

$$\gamma'_{>13, < 1500} = \gamma_{>13, < 1500} - \Delta L_{>13} = 15,2 - 1,40 = 13,8\%,$$

$$\gamma'_{>13, 1500-1800} = \gamma_{>13, 1500-1800} - \Delta C_{>13} = 3,0 - 0,28 = 2,72\%,$$

$$\gamma'_{>13, > 1800} = \gamma_{>13, > 1800} - \Delta T_{>13} = 21,8 - 2,01 = 19,79\%.$$

10) выход фракций с учетом шламообразования в классе 1-13 мм:

$$\gamma'_{1-13, < 1500} = \gamma_{1-13, < 1500} - \Delta L_{1-13} = 25,5 - 2,36 = 23,14\%,$$

$$\gamma'_{1-13, 1500-1800} = \gamma_{1-13, 1500-1800} - \Delta C_{1-13} = 2,6 - 0,24 = 2,36\%,$$

$$\gamma'_{1-13, > 1800} = \gamma_{1-13, > 1800} - \Delta T_{1-13} = 20,5 - 1,89 = 18,61\%.$$

11) Средневзвешенная зольность фракций в крупном и мелком машинном классе остается без изменений:

$$A'_{>13,<1500} = A_{>13,<1500} = 6,7\%,$$

$$A'_{>13,1500-1800} = A_{>13,1500-1800} = 30,3\%,$$

$$A'_{>13,>1800} = A_{>13,>1800} = 86,8\%,$$

$$A'_{1-13,<1500} = A_{1-13,<1500} = 6,7\%,$$

$$A'_{1-13,1500-1800} = A_{1-13,1500-1800} = 25,9\%,$$

$$A'_{1-13,>1800} = A_{1-13,>1800} = 85,8\%;$$

12) количество и зольность дополнительно образовавшегося шлама, которое переходит в класс 0,5-1 и 0-0,5 мм

$$\Delta\gamma_{шл.0,5-1} = \Delta\gamma_{шл.} \cdot \gamma_{0,5-1} / (\gamma_{0,5-1} + \gamma_{0-0,5}) = 8,18 \cdot 5,6 / (5,6 + 5,8) = 4,02\%;$$

$$\Delta\gamma_{шл.0-0,5} = \Delta\gamma_{шл.} - \gamma_{0,5-1} = 8,18 - 4,02 = 4,16\%;$$

$$A'_{\Delta 0,5-1} = A'_{\Delta 0-0,5} = A'_{\Delta} = 46,1\%.$$

13) количество и зольность класса 0,5-1 мм с учетом шлагообразования

$$\gamma'_{0,5-1} = \gamma_{0,5-1} + \Delta\gamma_{шл.0,5-1} = 5,6 + 4,02 = 9,62\%;$$

$$A'_{0,5-1} = (\gamma_{0,5-1} \cdot A_{0,5-1} + \Delta\gamma_{шл.0,5-1} \cdot A'_{\Delta 0,5-1}) : \gamma'_{0,5-1} =$$

$$= (5,6 \cdot 35,8 + 4,02 \cdot 46,1) : 9,62 = 40,18\%;$$

14) количество и зольность класса 0-0,5 мм с учетом шлагообразования

$$\gamma'_{0-0,5} = \gamma_{0-0,5} + \gamma_{шл.0,5-1} = 5,8 + 4,16 = 9,96\%;$$

$$A'_{0-0,5} = (\gamma_{0-0,5} \cdot A_{0-0,5} + \Delta\gamma_{шл.0-0,5} \cdot A'_{\Delta 0-0,5}) : \gamma'_{0-0,5} =$$

$$= (5,8 \cdot 46,2 + 4,16 \cdot 46,1) : 9,96 = 46,2\%;$$

15) количество фракций образующегося шлама переходящего в класс 0,5-1 мм

$$\Delta\Lambda_{0,5-1} = \frac{(\Delta\Lambda_{>13} + \Delta\Lambda_{1-13}) \cdot \gamma'_{0,5-1}}{\gamma'_{0,5-1} + \gamma'_{0-0,5}} = \frac{(1,40 + 2,36) \cdot 9,62}{9,62 + 9,96} = 1,85\%,$$

$$\Delta C_{0,5-1} = \frac{(\Delta C_{>13} + \Delta C_{1-13}) \cdot \gamma'_{0,5-1}}{\gamma'_{0,5-1} + \gamma'_{0-0,5}} = \frac{(0,28 + 0,24) \cdot 9,62}{9,62 + 9,96} = 0,25\%,$$



$$\Delta T_{0,5-1} = \frac{(\Delta T_{>13} + \Delta T_{1-13}) \cdot \gamma'_{0,5-1}}{\gamma'_{0,5-1} + \gamma'_{0-0,5}} = \frac{(2,01 + 1,89) \cdot 9,62}{9,62 + 9,96} = 1,92\%;$$

16) зольность фракций образующегося шлама переходящего в класс 0,5-1 мм

$$A_{\Delta\Lambda}^d = \frac{\gamma'_{>13,<1500} \cdot A_{>13,<1500}^d + \gamma'_{1-13,<1500} \cdot A_{1-13,<1500}^d}{\gamma'_{>13,<1500} + \gamma'_{1-13,<1500}} = \frac{13,8 \cdot 6,7 + 23,14 \cdot 6,7}{13,8 + 23,14} = 6,7\%,$$

$$A_{\Delta C}^d = \frac{\gamma'_{>13,1500-1800} \cdot A_{>13,1500-1800}^d + \gamma'_{1-13,1500-1800} \cdot A_{1-13,1500-1800}^d}{\gamma'_{>13,1500-1800} + \gamma'_{1-13,1500-1800}} =$$

$$= \frac{2,72 \cdot 30,3 + 2,36 \cdot 25,9}{2,72 + 2,36} = 28,3\%,$$

$$A_{\Delta T}^d = \frac{\gamma'_{>13,>1800} \cdot A_{>13,>1800}^d + \gamma'_{1-13,>1800} \cdot A_{1-13,>1800}^d}{\gamma'_{>13,>1800} + \gamma'_{1-13,>1800}} =$$

$$= \frac{19,79 \cdot 86,8 + 18,61 \cdot 85,8}{19,79 + 18,61} = 86,3\%;$$

17) выход фракций в классе 0,5-1 мм с учетом шлагообразования

$$\gamma'_{0,5-1,<1500} = \gamma_{0,5-1,<1500} + \Delta\Lambda_{0,5-1} = 3,1 + 1,85 = 4,95\%,$$

$$\gamma'_{0,5-1,1500-1800} = \gamma_{0,5-1,1500-1800} + \Delta C_{0,5-1} = 0,3 + 0,25 = 0,55\%,$$

$$\gamma'_{0,5-1,>1800} = \gamma_{0,5-1,>1800} + \Delta T_{0,5-1} = 2,2 + 1,92 = 4,12\%;$$

18) зольность фракций в классе 0,5-1 мм с учетом шлагообразования

$$A_{0,5-1,<1500}^d = \frac{A_{0,5-1,<1500}^d \cdot \gamma_{0,5-1,<1500} + A_{\Delta\Lambda}^d \cdot \Delta\Lambda_{0,5-1}}{\gamma_{0,5-1,<1500} + \Delta\Lambda_{0,5-1}} = \frac{7,0 \cdot 3,1 + 6,7 \cdot 1,85}{3,1 + 1,85} = 6,9\%,$$

$$A_{0,5-1,1500-1800}^d = \frac{A_{0,5-1,1500-1800}^d \cdot \gamma_{0,5-1,1500-1800} + A_{\Delta C}^d \cdot \Delta C_{0,5-1}}{\gamma_{0,5-1,1500-1800} + \Delta C_{0,5-1}} =$$

$$= \frac{24,3 \cdot 0,3 + 28,3 \cdot 0,25}{0,3 + 0,25} = 28,1\%,$$

$$A_{0,5-1,>1800}^d = \frac{A_{0,5-1,>1800}^d \cdot \gamma_{0,5-1,>1800} + A_{\Delta T}^d \cdot \Delta T_{0,5-1}}{\gamma_{0,5-1,>1800} + \Delta T_{0,5-1}} =$$

$$= \frac{78,0 \cdot 2,2 + 86,3 \cdot 1,92}{2,2 + 1,92} = 81,7\%;$$

19) фракционный состав рядового угля с учетом шлагообразования приведен в табл. 4.14



**Фракционный состав рядового угля с учетом шламообразования**

Плотность фракций, кг/м <sup>3</sup>	Класс >13 мм		Класс 1-13 мм		Класс 0,5-1 мм		Класс 0-0,5 мм		Всего	
	γ', %	A' <sup>d</sup> , %	γ', %	A' <sup>d</sup> , %	γ', %	A' <sup>d</sup> , %	γ', %	A' <sup>d</sup> , %	γ', %	A' <sup>d</sup> , %
<1500	13,80	6,7	23,14	6,7	4,95	6,9				
1500-1800	2,72	30,3	2,36	25,9	0,55	28,1				
>1800	19,79	86,8	18,61	85,8	4,12	81,7				
<b>Итого</b>	<b>36,31</b>	<b>52,1</b>	<b>44,11</b>	<b>41,1</b>	<b>9,62</b>	<b>40,19</b>	<b>9,96</b>	<b>46,2</b>	<b>100,0</b>	<b>45,5</b>

20) определение категории обогатимости крупного машинного класса

$$T_{\kappa} = \frac{100 \cdot \gamma'_{>13,1500-1800} : \gamma'_{>13}}{1 - \gamma'_{>13,>1800} : \gamma'_{>13}} = \frac{100 \cdot 2,72 : 36,31}{1 - 19,79 : 35,31} = 16,5 \text{ (очень трудная);}$$

21) определение категории обогатимости мелкого машинного класса

$$T_{\mu} = \frac{100 \cdot \gamma'_{1-13,1500-1800} : \gamma'_{1-13}}{1 - \gamma'_{1-13,>1800} : \gamma'_{1-13}} = \frac{100 \cdot 2,36 : 44,11}{1 - 18,61 : 44,11} = 9,3 \text{ (средняя);}$$

22) определение категории обогатимости машинного класса крупностью 0,5-1 мм

$$T_{MBC} = \frac{100 \cdot \gamma'_{0,5-1,1500-1800} : \gamma'_{0,5-1}}{1 - \gamma'_{0,5-1,>1800} : \gamma'_{0,5-1}} = \frac{100 \cdot 0,55 : 9,62}{1 - 4,12 : 9,62} = 10,1 \text{ (трудная).}$$

**4.4.3. Расчет практических показателей продуктов обогащения**

Расчет практических показателей конечных продуктов производится с учетом допустимых засорений посторонними фракциями, величина которых принимается по табл. 4.2-4.8.

Для тяжелосреднего обогащения крупного машинного класса очень трудной категории обогатимости с выделением трех продуктов при плотностях разделения 1500 и 1800 кг/м<sup>3</sup> (табл. 4.3):

$\gamma_{C(\kappa)}^{\kappa} = 0,2\%$  - засорение крупного концентрата промпродуктовыми фракциями;

$\gamma_{T(\kappa)}^{\kappa} = 0\%$  - засорение крупного концентрата тяжелыми фракциями;

$\gamma_{\Lambda(nm)}^{\kappa} = 10\%$  - засорение крупного промпродукта легкими фракциями;

$\gamma_{T(nm)}^{\kappa} = 10\%$  - засорение крупного промпродукта тяжелыми фракциями;

$\gamma_{\Lambda(o)}^{\kappa} = 0\%$  - засорение крупных отходов легкими фракциями;



$\gamma_{C(o)}^k = 0,4\%$  - засорение крупных отходов промпродуктовыми фракциями.

Для обогащения мелкого машинного класса средней категории обогатимости методом гидравлической отсадки с выделением трех продуктов при плотностях разделения 1500 и 1800 кг/м<sup>3</sup> (табл. 4.5):

$\gamma_{C(\kappa)}^M = 2,5\%$  - засорение мелкого концентрата промпродуктовыми фракциями;

$\gamma_{T(\kappa)}^M = 0,5\%$  - засорение мелкого концентрата тяжелыми фракциями;

$\gamma_{\Lambda(nn)}^M = 20\%$  - засорение мелкого промпродукта легкими фракциями;

$\gamma_{T(nn)}^M = 35\%$  - засорение мелкого промпродукта тяжелыми фракциями;

$\gamma_{\Lambda(o)}^M = 0,5\%$  - засорение мелких отходов легкими фракциями;

$\gamma_{C(o)}^M = 3,0\%$  - засорение мелких отходов средними фракциями.

Для обогащения машинного класса крупностью 0,5-1 мм трудной категории обогатимости методом МВС с выделением двух продуктов при плотности разделения 1800 кг/м<sup>3</sup> (табл. 4.8):

$\gamma_{C(\kappa)}^{MBC} = 30\%$  - засорение концентрата МВС средними фракциями;

$\gamma_{T(\kappa)}^{MBC} = 0,5\%$  - засорение концентрата МВС тяжелыми фракциями;

$\gamma_{\Lambda(o)}^{MBC} = 0,8\%$  - засорение отходов МВС легкими фракциями;

$\gamma_{C(o)}^{MBC} = 15\%$  - засорение отходов МВС средними фракциями.

По принятым засорениям определяется:

1) выход и зольность крупного концентрата

$$\begin{aligned} \gamma_{\kappa}^k &= \gamma'_{>13, <1500} - \frac{(\gamma_{\Lambda(nn)}^k \cdot \gamma'_{>13, 1500-1800} + \gamma_{\Lambda(o)}^k \cdot \gamma'_{>13, >1800})}{100} + \frac{(\gamma_{C(\kappa)}^k + \gamma_{T(\kappa)}^k) \cdot \gamma'_{>13, <1500}}{100} = \\ &= 13,80 - \frac{(10 \cdot 2,72 + 0 \cdot 19,79)}{100} + \frac{(0,2 + 0) \cdot 13,80}{100} = 13,55\%; \\ A_{\kappa}^{dk} &= \frac{(100 - \gamma_{C(\kappa)}^k - \gamma_{T(\kappa)}^k) \cdot A'_{>13, <1500} + \gamma_{C(\kappa)}^k \cdot A'_{>13, 1500-1800} + \gamma_{T(\kappa)}^k \cdot A'_{>13, >1800}}{100} = \\ &= \frac{(100 - 0,2 - 0)6,7 + 0,2 \cdot 30,3 + 0 \cdot 86,8}{100} = 6,75\%; \end{aligned}$$

2) выход и зольность крупного промпродукта

$$\begin{aligned} \gamma_{nn}^k &= \gamma'_{>13, 1500-1800} - \frac{(\gamma_{C(\kappa)}^k \cdot \gamma'_{>13, <1500} + \gamma_{C(o)}^k \cdot \gamma'_{>13, >1800})}{100} + \\ &+ \frac{(\gamma_{\Lambda(nn)}^k + \gamma_{T(nn)}^k) \cdot \gamma'_{>13, 1500-1800}}{100} = \\ &= 2,72 - \frac{(0,2 \cdot 13,80 + 0,4 \cdot 19,79)}{100} + \frac{(10 + 10) \cdot 2,72}{100} = 3,15\%; \end{aligned}$$

$$A_{nn}^{dk} = \frac{(100 - \gamma_{II(nn)}^k - \gamma_{T(nn)}^k) \cdot A_{>13,1500-1800}^{d} + \gamma_{II(nn)}^k \cdot A_{>13,<1500}^{d} + \gamma_{T(nn)}^k \cdot A_{>13,>1800}^{d}}{100} =$$

$$= \frac{(100 - 10 - 10)30,3 + 10 \cdot 6,7 + 10 \cdot 86,8}{100} = 33,59\%;$$

3) выход и зольность крупных отходов определяется по материальному и зольному балансам крупного машинного класса

$$\gamma_O^k = \gamma'_{>13} - \gamma_k^k - \gamma_{nn}^k = 36,31 - 13,55 - 3,15 = 19,61\%;$$

$$A_O^{dM} = (\gamma'_{>13} \cdot A_{>13}^{d} - \gamma_k^k \cdot A_k^{dk} - \gamma_{nn}^k \cdot A_{nn}^{dk}) : \gamma_O^k =$$

$$= (36,31 \cdot 52,1 - 13,55 \cdot 6,75 - 3,15 \cdot 33,59) : 19,61 = 86,43\%;$$

4) выход и зольность мелкого концентрата

$$\gamma_k^M = \gamma'_{1-13,<1500} - \frac{(\gamma_{II(nn)}^M \cdot \gamma'_{1-13,1500-1800} + \gamma_{II(o)}^M \cdot \gamma'_{1-13,>1800})}{100} + \frac{(\gamma_{C(k)}^M + \gamma_{T(k)}^M) \cdot \gamma'_{1-13,<1500}}{100} =$$

$$= 23,14 - \frac{(20 \cdot 2,36 + 0,5 \cdot 18,6)}{100} + \frac{(2,5 + 0,5) \cdot 23,14}{100} = 23,27\%;$$

$$A_k^{dM} = \frac{(100 - \gamma_{C(k)}^M - \gamma_{T(k)}^M) \cdot A_{1-13,<1500}^{d} + \gamma_{C(k)}^M \cdot A_{1-13,1500-1800}^{d} + \gamma_{T(k)}^M \cdot A_{1-13,>1800}^{d}}{100} =$$

$$= \frac{(100 - 2,5 - 0,5)6,7 + 2,5 \cdot 25,9 + 0,5 \cdot 85,8}{100} = 7,58\%;$$

5) выход и зольность мелкого промпродукта

$$\gamma_{nn}^M = \gamma'_{1-13,1500-1800} - \frac{(\gamma_{C(k)}^M \cdot \gamma'_{1-13,<1500} + \gamma_{C(o)}^M \cdot \gamma'_{1-13,>1800})}{100} +$$

$$+ \frac{(\gamma_{II(nn)}^M + \gamma_{T(nn)}^M) \cdot \gamma'_{1-13,1500-1800}}{100} =$$

$$= 2,36 - \frac{(2,5 \cdot 23,14 + 3,0 \cdot 18,61)}{100} + \frac{(20 + 35) \cdot 2,36}{100} = 2,52\%;$$

$$A_{nn}^{dM} = \frac{(100 - \gamma_{II(nn)}^M - \gamma_{T(nn)}^M) \cdot A_{1-13,1500-1800}^{d} + \gamma_{II(nn)}^M \cdot A_{1-13,<1500}^{d} + \gamma_{T(nn)}^M \cdot A_{1-13,>1800}^{d}}{100} =$$

$$= \frac{(100 - 20 - 35)25,9 + 20 \cdot 6,7 + 35 \cdot 85,8}{100} = 43,03\%;$$

б) выход и зольность мелких отходов определяется по материальному и зольному балансам мелкого машинного класса

$$\gamma_O^M = \gamma'_{1-13} - \gamma_K^M - \gamma_{nn}^M = 44,11 - 23,27 - 2,52 = 18,32\%;$$

$$A_O^{dM} = \left( \gamma'_{1-13} \cdot A_{1-13}'^d - \gamma_K^M \cdot A_K^{dM} - \gamma_{nn}^M \cdot A_{nn}^{dM} \right) : \gamma_O^M =$$

$$= (44,1 \cdot 41,1 - 23,27 \cdot 7,58 - 2,52 \cdot 43,03) : 18,32 = 83,48\%;$$

7) выход и зольность концентрата MBC

$$\gamma_K^{MBC} = \gamma'_{0,5-1, < 1500} + \gamma'_{0,5-1, 1500-1800} - \frac{\gamma'_{0,5-1, > 1800} (\gamma_{\Lambda(o)}^{MBC} + \gamma_{C(o)}^{MBC})}{100} +$$

$$+ \frac{(\gamma'_{0,5-1, < 1500} + \gamma'_{0,5-1, 1500-1800}) \cdot \gamma_{T(\kappa)}^{MBC}}{100} =$$

$$= 4,95 + 0,55 - \frac{4,12(0,8 + 10,0)}{100} + \frac{(4,95 + 0,55) \cdot 0,5}{100} = 4,67\%;$$

$$A_K^{dMBC} = \left[ \left( \gamma'_{0,5-1, < 1500} - \frac{\gamma'_{0,5-1, > 1800} \cdot \gamma_{\Lambda(o)}^{MBC}}{100} \right) \cdot A_{0,5-1, < 1500}'^d + \right.$$

$$+ \left( \gamma'_{0,5-1, 1500-1800} - \frac{\gamma'_{0,5-1, > 1800} \cdot \gamma_{C(o)}^{MBC}}{100} \right) \cdot A_{0,5-1, 1500-1800}'^d +$$

$$\left. + \frac{(\gamma'_{0,5-1, < 1500} + \gamma'_{0,5-1, 1500-1800}) \cdot \gamma_{T(\kappa)}^{MBC} \cdot A_{0,5-1, > 1800}'^d}{100} \right] : \gamma_K^{MBC} =$$

$$= \left[ \left( 4,95 - \frac{4,12 \cdot 0,8}{100} \right) 6,9 + \left( 0,55 - \frac{4,12 \cdot 10,0}{100} \right) 28,1 + \frac{(4,95 + 0,55) 0,5 \cdot 81,7}{100} \right] : 4,67 = 8,6\%;$$

8) выход и зольность отходов MBC определяется по материальному и зольному балансам

$$\gamma_O^{MBC} = \gamma'_{0,5-1} - \gamma_K^{MBC} = 9,62 - 4,67 = 4,95\%;$$

$$A_O^{dMBC} = \left( \gamma'_{0,5-1} \cdot A_{0,5-1}'^d - \gamma_K^{MBC} \cdot A_K^{dMBC} \right) : \gamma_O^{MBC} =$$

$$= (9,62 \cdot 40,1 - 4,67 \cdot 8,6) : 4,95 = 69,8\%;$$

9) выход флотоконцентрата при  $A_K^{d\phi\lambda} = 13,2\%$  и  $A_O^{d\phi\lambda} = 68,0\%$  согласно табл. 4.2

$$\gamma_K^{\phi\lambda} = \gamma'_{0-0,5} \left( \frac{A_O^{d\phi\lambda} - A_{0-0,5}'^d}{A_O^{d\phi\lambda} - A_K^{d\phi\lambda}} \right) = 9,96 \left( \frac{68,0 - 46,2}{68,0 - 13,2} \right) = 3,96\%;$$



10) выход флотоотходов

$$\gamma_o^{\text{фл}} = \gamma'_{0-0,5} - \gamma_k^{\text{фл}} = 9,96 - 3,96 = 6,0\%;$$

11) результаты расчета ожидаемых показателей продуктов обогащения приведены в табл. 4.15.

Таблица 4.15

### Практический баланс продуктов обогащения

Продукты	Выход, %	Зольность, %
Концентрат +13 мм	13,55	6,75
Концентрат 1-13 мм	23,27	7,58
Концентрат 0,5-1 мм	4,67	8,6
Концентрат 0-0,5 мм	3,96	13,2
<b>ИТОГО концентрата</b>	<b>45,45</b>	<b>7,93</b>
Промпродукт +13 мм	3,15	33,59
Промпродукт 1-13 мм	2,52	43,03
<b>ИТОГО промпродукт</b>	<b>5,67</b>	<b>37,79</b>
Отходы +13 мм	19,61	86,43
Отходы 1-13 мм	18,32	83,48
Отходы 0,5-1 мм	4,95	69,8
Отходы 0-0,5 мм	6,0	68,0
<b>ИТОГО отходов</b>	<b>48,88</b>	<b>81,38</b>
<b>ВСЕГО</b>	<b>100,0</b>	<b>45,5</b>

### Контрольные вопросы

1. Дать определение выхода, извлечения, зольности.
2. Перечислить марки рядового угля.
3. Назвать направления использования марок угля.
4. Перечислить нормативные документы, на основании которых осуществляется расчет норм показателей качества угольной продукции.
5. Дать определение нормативных и фактических засорений продуктов обогащения.
6. Дать определение средних и предельных значений показателей качества товарной угольной продукции.
7. Как определяется категория обогатимости каменных углей и антрацитов.
8. Перечислить категории обогатимости углей.
9. От каких показателей машинного класса зависят нормативные засорения продуктов обогащения?
10. Назовите величину общефабричных потерь рядового угля.
11. Назовите основные места на углеобогатительной фабрике, где происходит шламообразование угля.
12. Как шламообразование влияет на качественно-количественные показатели обогащения угля.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутовецкий В.С. Охрана природы при обогащении углей: Справочное пособие. – М.: Недра. – 1991. – 231 с.
2. Антипенко Л.А. Определение, учет и контроль потерь угля при обогащении // Уголь. – 2010. - № 1. – С. 63-65.
3. Обогащение угля / Под ред. Д.Р. Митчелла. – М.: Углетехиздат. – 1956. – 706 с.
4. Полулях А.Д., Шевченко Л.Г., Полулях Д.А. Об необходимости учета шламообразования технологической схемы углеобогащительной фабрики // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. - № 36(77)-№ 37(78). – С. 166-173.
5. Методика нормирования потерь угля с отходами углеобогащения. - Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 2002. – 20 с.
6. Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче и переработке угля. – Пермь: ВНИИОСуголь. – 1989. – 42 с.
7. ГКД 34.02.305-2002 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от энергетических установок». – К: Госстандарт. – 2002. – 24 с.
8. Показники емісії (питомі викиди) заюруднюючих речовин від процесів, слектро-, газозварювання, наплавлювання, електро-газорізання та напилювання металів. – К: Держстандарт. – 2003. – 17 с.
9. СОУ 10.1.00185755.002-2004 «Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості». – Київ: Мінпаливенерго України. – 2004. – 46 с.
10. Методика расчета норм показателей качества углей и продуктов их переработки. – Ворошиловград: Укрнииуглеобогащение. – 1983. – 82 с.
11. Полулях А.Д., Бевзенко Б.Ф., Томилин В.Б. Расчет показателей сгущения шламовых продуктов в гидроциклонах // Уголь Украины. – 2006. - № 8. – С. 41-42.
12. Кирнарский А.С. Технологические основы мокрой винтовой сепарации: Дис. ... д-ра техн. наук. – Днепропетровск: НГУ. – 2000. – 324 с.
13. Мамренко В.Г. Применение винтовых аппаратов в технологических схемах обработки угольных шламов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2000. - № 7(48) – С. 81-88.
14. Полулях А.Д., Пилов П.И., Егурнов А.И. Практикум по расчетам качественно-количественных и водно-шламовых схем углеобогащительных фабрик: Учебное пособие. – Д.: Национальный горный университет. – 2007. – 504 с.