

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт естественных и точных наук
Факультет «Химический»
Кафедра «Экология и химическая технология»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, д.х.н.
_____ В.В. Авдин
_____ 2020 г.

Коксование угля с введением сырого нефтяного кокса

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–18.03.01.2020.043.04.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы, профессор
кафедры, д.т.н., с.н.с.
_____ Б.Ш. Дыскина
_____ 2020 г.

Автор работы,
студент группы ЕТ-433
_____ Л.Д.Христенко
_____ 2020 г.

Нормоконтролер, доцент кафедры,
к.х.н.
_____ К.Р. Смолякова
_____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Христенко Л.Д. Коксование с добавлением сырого нефтяного кокса. – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-433, 2020. – 42 с., 2 ил., 18 табл., библиогр. список – 25наим.

Для производства металлургического кокса предпочтительно использовать коксующиеся марки угля. Поскольку ресурсы коксующихся углей ограничены, исследования, направленные на увеличение сырьевой базы коксования и изучение новых рецептов шихты с введением различных добавок – актуальны.

Цель работы – полукоксование углей с введением сырого нефтяного кокса.

Задачи:

1. Выполнить литературный обзор по вопросам коксования углей с добавками
2. Отобрать и пробы углей, сырого нефтяного кокса
3. Подготовить шихты и провести полукоксование
4. Определить выход и качество полукокса
5. Дать оценку безопасности работ в учебной лаборатории
6. Определить расходы на выполнение НИР

Объект исследования - каменный уголь Эльгинского месторождения, бурый Коркинского разреза, в качестве добавки – сырой нефтяной кокс замедленного коксования марки К30.

Показано, что введение сырой нефтяной шихты благоприятно влияет на качество кокса, в случае замещения исходной шихты данной добавкой.

Затраты на проведение научно-исследовательской работы составили 44 536 рублей. Учебная лаборатория, в которой проводились исследования, соответствует требованиям техники безопасности.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	7
1. КОКСОВАНИЕ УГЛЕЙ С ДОБАВКАМИ.....	8
1.1 История открытия и происхождение ископаемых углей	8
1.2. Химический состав и физические свойства угля	9
1.2.1. Физические свойства	9
1.2.2 Химический состав углей.....	13
1.3 Классификация и кодификация углей	15
1.3.1 Классификация угля	15
1.3.2 Кодификация углей	19
1.4. Процесс коксования углей	20
1.5. Технологический процесс полукоксования	21
1.6 Нефтяные добавки при коксовании углей	22
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	25
2.1 Объект исследования.....	25
2.2. Метод исследования	25
2.1 Методика определения прочности кокса	25
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРОБОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ШИХТЫ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ	26
3.1 Подготовка опытных образцов комбинированной шихты.....	26
3.2 -Полукоксование опытных проб	27
3.3 Определение прочности опытных полукоксов.....	29
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	31
4.1 Общая характеристика научно-исследовательской лаборатории	31
4.2 Состав вредных и опасных факторов	32
4.3 Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда.....	32
4.3.1 Охрана труда при работе в химической лаборатории	32
4.3.2 Вредные вещества	33
4.3.3 Вентиляция.....	34
4.3.4 Освещенность	34
4.3.5 Шум.....	36
4.3.6 Электробезопасность	37
4.3.7 Пожарная безопасность	37
5 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ.....	39

5.1 Сетевое планирование	39
5.2 Расчёт материальных затрат	40
5.3 Расчёт затрат на электроэнергию	40
5.4 Расчёт амортизационных отчислений	41
5.5 Расчёт фонда заработной платы	42
5.6 Общая смета затрат.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	45

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Коксующиеся угли играют важную роль в коксохимической, а так же металлургической области. При производстве кокса принято комбинировать различные марки угля для создания шихты. Поскольку ресурсы коксующихся углей ограничены, исследования, направленные на увеличение сырьевой базы коксования и изучение новых рецептов шихты с введением различных добавок – актуальны.

Цель работы – полукоксование углей с введением сырого нефтяного кокса.

Задачи:

7. Выполнить литературный обзор по вопросам коксования углей с добавками
8. Отобрать и пробы углей, сырого нефтяного кокса
9. Подготовить шихты и провести полукоксование
10. Определить выход и качество полукокса
11. Дать оценку безопасности работ в учебной лаборатории
12. Определить расходы на выполнение НИР

Предмет исследования – полукоксование углей с добавками нефтяного сырья.

Объект исследования - каменный уголь Эльгинского месторождения, бурый Коркинского разреза, в качестве добавки – сырой нефтяной кокс замедленного коксования марки К30.

По результатам работы показана целесообразность использования мелочи сырого нефтяного кокса марки К30 в угольной шихте полукоксования.

1. КОКСОВАНИЕ УГЛЕЙ С ДОБАВКАМИ

(Литературный обзор)

1.1 История открытия и происхождение ископаемых углей

Горючий камень - ископаемый уголь [1] - обнаружен еще в древние века. Одними из первых его стали добывать в античной Греции и древнем Китае, где с помощью него отапливали помещения. Античные ученые предполагали, что уголь имеет минеральное происхождение.

В источниках Аристотеля (315 год до нашей эры), описаны удивительные свойства “горящего камня” или в переводе на греческий “антракс”, отсюда и название антрацит. Спустя 18 веков, другой ученый, врач и алхимик Парацельс, утверждал, что уголь – это камни, полученные при воздействии вулканического огня. Так же упоминание об угле можно найти в писаниях естествоиспытателя Агрикола, который описывал уголь, как отвердевшую нефть [2].

В настоящее время в ряде стран начинают замещать уголь на горючие сланцы, так как выгоднее получать продукты углехимии, чем кокс. Цена получения продуктов из сланцев много больше цены сырья. К тому же, сланцевое масло содержит больше бензино-керосиновой фракции, чем каменноугольная смола. Примером является Австралия, которая в перспективе намерена замещать всю привозную нефть на горючие сланцы [2].

Ископаемые угли – твердая горная порода, образовавшаяся из остатков отмерших растений в результате биохимических, физико-химических и физических преобразований [2].

В углях всегда присутствуют минеральные примеси, которые могут составлять от 1 до 50 % общей массы ископаемого. На состав и свойства угля влияет природа растительного материала, эпоха и условия углеобразования и метаморфизм.

Углеобразование – сложный и долгосрочный процесс, в течение которого многократно меняется климат и ландшафт поверхности, а также растительности

на ней. Во всех геологических периодах встречаются массовые скопления углей, включая силурийский возраст, а остатки , органического происхождения известны в породах докембрия. Благодаря находкам и изучению остатков в угольных пластах, появилась возможность воссоздать растительный мир того периода, когда происходило углеобразование.

1.2. Химический состав и физические свойства угля

1.2.1. Физические свойства

От физических свойств и минеральной составляющей углей зависит формирование параметров, характеризующий фракционный и гранулометрический состав, а так же последующие изменения при хранении и транспортировке углей. Гранулометрический состав, абразивность и шламообразование напрямую зависит от механической прочности, дробимости и хрупкости определенных пород. Определяющие параметры в выборе методик обогащения и направлений использования продуктов после обогащения, является плотность минеральных веществ и самого угольного вещества в исследуемых углях.

Плотность органической массы, сопутствующих пород, рядовых углей, продуктов их обогащения и рассортировки в зависимости от рассматриваемого состояния объекта может быть оценена различными показателями. Из-за различной плотностью веществ находящихся в составе угля, исследования характеризуются входящих в него органических и минеральных масс.

Содержание минеральных примесей в углях принято рассматривать как зольность. Зола, при сжигании угля, состоит из зольнообразующих оксидов и химически связанных с органической составляющей элементов.

Кажущаяся плотность показывает отношение массы натурального топлива к массе такого же объема воды. Плотность угля, антрацита, горючих сланцев и породных прослоек определяют по ГОСТ 2160-92 «Топливо твердое минеральное. Методы определения плотности». Плотность сухой массы топлива

определяется как отношение его массы к массе воды при температуре 20 °С, взятой в объеме плотной массы топлива. Расхождения результатов параллельных определений плотности в одной лаборатории не должны превышать 0,01% [3].

Действительная плотность угля – отношение его массы к массе такого же объема воды при температуре 20 °С, зависит от степени метаморфизма угля. Плотность бурых углей колеблется в пределах 1,1-1,5, а каменных углей возрастает от длиннопламенных к тощим и антрациту [3].

Насыпная плотность – отношение массы топлива в насыпном состоянии к его объему. Величина насыпной плотности угля одной и той же марки или класса может колебаться в зависимости от гранулометрического состава, зольности и влажности угля. Величиной насыпной плотности пользуются при замерах топлива в бункерах, штабелях, определении массы угля, погруженного в железнодорожные вагоны. Насыпная плотность угля вычисляется определением массы нетто заполненного углем мерного ящика объемом 0,5 м³ для угля крупностью до 25 мм и объемом 1,0 м³ для угля рядового и крупностью 25 мм и более [3].

Механическая прочность углей зависит от состава органической массы и минеральных примесей. Она наиболее высока у длиннопламенных и газовых углей, резко снижается у жирных, коксовых и некоторых тощих углей. Антрацит относится преимущественно к механически прочным и очень прочным углям. Полуантрацит занимает промежуточное положение между тощими углями и антрацитом. Слабой механической прочностью обладают землистые бурые угли. Механическую прочность углей определяют по ГОСТ 7714-75 [3].

Термическая стойкость – свойство углей сопротивляться механическому разрушению при нагревании. Она уменьшается при высоком содержании в углях гигроскопической влаги, которая, испаряясь при быстром нагревании, способствует разрушению угля. Аналогичное действие оказывают летучие вещества, а также минеральные примеси с отличным от органической массы углей коэффициентом теплового расширения. С увеличением спекаемости углей

их термическая стойкость повышается. Термическая стойкость для тощих углей и антрацита определяется по ГОСТ 7714-75 [3].

Влагоемкость углей – свойство углей поглощать влагу. Максимальную влагоемкость W_{\max} бурых, каменных углей и антрацита определяют по ГОСТ 8858-93. Сущность метода определения максимальной влагоемкости заключается в выдерживании пробы угля крупностью 13-50 мм. в воде в течение 2 ч. и в последующем определении содержания общей влаги в угле после отекаания воды в течение 20 мин [3].

Коэффициент размолоспособности характеризует сопротивляемость топлива размолу и определяется по ГОСТ 15489-70. В основу метода положен закон измельчения хрупких материалов, согласно которому работа, затраченная на измельчение, пропорциональна вновь обнаженной поверхности. Величина $K_{\text{ло}}$ показывает, во сколько раз при одинаковой затрате энергии на размол воздушно-сухого топлива вновь обнаженная удельная поверхность испытуемого топлива больше или меньше обнаженной удельной поверхности эталонного топлива при тех же условиях размола [3].

Пористость углей и удельная поверхность влияют на диффузионные, сорбционные, фильтрационные и химические свойства углей в процессах, протекающих в пластах их залежей, при хранении, транспортировании и различных видах переработки. Эти свойства определяют механическую прочность, газопроницаемость и др. С другой стороны, на пористость заметно влияют термические и механические воздействия. Размер пор изменяется в широких пределах — от $3 \cdot 10^{-10}$ до 10^{-2} м. Измерение параметров пор является сложной задачей, так как угли весьма чувствительны к сушке, дегазации и другим воздействиям, они термически нестабильны, содержат летучие вещества, вспучиваются и т. д [4].

Хрупкость (ГОСТ 15490—70) определяют вращением 10 кг брикетов в барабане (диаметр и длина по 500 мм) скоростью 25 ± 2 об/мин (100 оборотов). Отношение массы кусков размером более 25 мм к массе взятых для испытания (%) определяет эту величину [4].

Дробимость измеряется удельной работой, которая затрачивается на образование новой поверхности, или отношением размеров кусков исходного угля и угля, образующегося после дробления [4].

Твердость углей по шкале Мооса изменяется от 2 до 5. С ростом степени метаморфизма твердость возрастает. Микротвердость (ГОСТ 21206—75) определяется по отпечатку вдавленной в уголь под постоянной нагрузкой алмазной пирамидки. Микротвердость возрастает у углей с высокой стадией метаморфизма [4].

Упругие свойства определяют статическим методом (сопротивление при изгибе или сжатии) и динамическим (положение механических вибраций) и характеризуются модулем Юнга. Коэффициент трения углей необходим для выбора углов наклона желобов при обогащении углей [4].

Абразивность углей имеет важное значение как при обогащении, так и при переработке, особенно в условиях действия высоких температур и давлений. Установлено, что в основном эта характеристика обусловлена количеством и составом минеральных компонентов [4].

Оптические свойства углей характеризуют молекулярную структуру углей, зависящую от степени метаморфизма. К этим показателям относятся отражательная способность, прозрачность, цвет, блеск, преломление света. Для изучения молекулярного строения углей используют спектральный анализ, который позволяет установить наличие определенных связей и атомных групп [4].

Электрическое сопротивление углей сильно зависит от влажности, температуры, химического состава и наличия минеральных компонентов. В целом угли являются полупроводниками. Удельное электрическое сопротивление для бурых и каменных углей составляет $10^9 - 10^{10}$ Ом×см, для антрацитов $5 \times 10^5 - 2 \times 10^6$ Ом×см. Минимальным удельным электрическим сопротивлением обладают каменные угли, причем по мере повышения содержания углерода при переходе к антрацитам эта величина проходит через максимум [4].

Диэлектрическая проницаемость углей зависит от степени их метаморфизма и имеет минимальное значение, что объясняется ростом электропроводимости у

слабометаморфизованных углей за счет наличия в них полярных функциональных групп, а в антрацитах за счет особенностей строения кристаллической решетки. Диэлектрическая проницаемость возрастает с повышением влажности [4].

Удельная магнитная восприимчивость углей возрастает с увеличением степени их метаморфизма. Угля являются диамагнитами, интенсивность намагничивания пропорциональна напряженности поля, минеральные компоненты обладают парамагнитными свойствами [4].

1.2.2 Химический состав углей

Большая часть основных элементов входящих в органическую составляющую углей, находится так же и в минеральном составе, которые при должном анализе отчасти могут попасть в газовую фазу вместе с элементами органической массы.

Элементный состав (содержание углерода, водорода, кислорода и азота) является общепринятой характеристикой органической массы угля. По данным элементного состава можно с достаточной степенью точности определить теплоту сгорания, теоретическую температуру горения и состав продуктов горения, выход продуктов термического разложения и степень углефикации. Однако углерод, водород и кислород входят не только в состав органической массы угля, но и минеральных примесей, которые при химическом анализе частично разлагаются. В связи с этим элементный состав определяется не совсем точно и он полностью не отражает истинный состав органической массы, поэтому результаты элементного состава обычно перечисляют на беззольную массу [5].

Уголь, нагретый до высоких температур без доступа воздуха, разлагается с образованием жидких и газообразных продуктов (в основном углеводородов), называемых летучими веществами. Твердый продукт, возникающий в результате термического разложения угля, называется коксовым остатком или корольком. Содержание и состав летучих веществ зависят от термического воздействия (температуры и продолжительности нагрева). Выход летучих веществ зависит от стадии метаморфизма [5].

Минеральные компоненты углей условно разделяют на две группы: макро- и микрокомпоненты (соответственно при содержании их более или менее 1 % в минеральном веществе). К макрокомпонентам относятся соединения Si, Al, Fe, Ca, Mg, S, а в ряде случаев — Na, K, Ti. В качестве микрокомпонентов в углях обнаружены почти все химические элементы, кроме инертных газов, металлов платиновой группы, некоторых радиоактивных и редкоземельных элементов. Содержание, состав и распределение в угле минеральных веществ обусловлены особенностями (условиями) накопления и превращения исходного растительного материала в процессе углеобразования [6].

В углях обнаружено свыше 40 минералов. Минеральные компоненты находятся в углях в виде породных прослоев, линз, конкреций, тонкорассеянного материала, органоминеральных соединений. Наиболее часто минеральные образования в ископаемых углях представлены сульфидами, карбонатами, сульфатами, силикатами и алюмосиликатами. Это могут быть также обломки минералов и таких пород, как аргиллиты, алевролиты, песчаники и известняки. Золообразующие компоненты, входящие в состав органических соединений, находятся в углях преимущественно в составе гуматов [6].

Состав и свойства золы — важные параметры при проектировании и эксплуатации энергетических и газификационных установок, в технологии удаления шлаков и золовых уносов, а также при разработке способов их утилизации. Состав зависит от минеральных компонентов угля, золообразующих компонентов органической части угля, находящихся в сорбированном состоянии, а также пород, засоряющих уголь при добыче. Состав золы отличается от состава собственно минеральной части углей, которая претерпевает значительные изменения в результате окислительной и термической деструкции при сжигании углей. Основные компоненты золы углей — оксиды: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, K₂O, Na₂O, TiO₂, SO₃. Кроме того, в золе содержатся «малые элементы», к которым относят редкие и рассеянные элементы, цветные, благородные и радиоактивные металлы [6].

С увеличением степени метаморфизма углей уменьшается относительное содержание в них Са, Mg и Fe и растет содержание кремнезема и глинозема. Это обусловлено потерей углем функциональных групп, удерживающих металлы, переходом их в минеральную форму и частичным выносом из угля. Вследствие этого высокие содержания СаО в золе характерны преимущественно для бурых и окисленных каменных углей. Высокие содержания СаО в золе обычно связаны с углями, подвергшимися воздействию изверженных пород, и обусловлены наличием вторичных карбонатов [6].

Зольность и состав золы относятся к важным показателям качества углей. Широко используют показатели плавкости золы, важные для обеспечения нормального функционирования тепловых и энергетических установок [6].

1.3 Классификация и кодификация углей

1.3.1 Классификация угля

Промышленная классификация углей зависит от основных показателей, которые получают при комплексном углепетрографическом и углехимическом анализе. Основные технологические свойства и влияют на оценку важности углей для дальнейшего использования их во многих промышленных предприятиях.

Ископаемые угли в соответствии с ГОСТ 25543-88 (Угли бурые, каменные и антрациты) в зависимости от значения величины среднего показателя отражения витринита R_0 , теплоты сгорания на влажное беззольное состояние Q_s^{af} выхода летучих веществ на сухое беззольное состояние V^{daf} подразделяют на виды: бурые, каменные и антрациты (табл. 1.1) [7].

Таблица 1.1 – Классификация углей по R_0 , Q_s^{af} , V^{daf} .

Вид угля	R_0 , %	Q_s^{af} , МДж/кг	V^{daf} , %
Бурый уголь	Менее 0,60	Менее 24	–
Каменный уголь	От 0,40 до 2,59	24 и более	8 и более
Антрацит	От 2,20 и более	–	Менее 8

Бурые, каменные угли и антрациты в зависимости от их технологических свойств объединяют в технологические марки и группы (табл.1.2).

Таблица 1.2 –Классификация углей в зависимости от их технологических свойств.

Марка		Группа	
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Бурый	Б	Первый бурый	1Б
		Второй бурый	2Б
		Третий бурый	3Б
Длиннопламенный	Д		
Длиннопламенный газовый	ДГ		
Газовый	Г	Первый газовый	1Г
		Второй газовый	2Г
Газовый жирный отощенный	ГЖО	Первый газовый жирный отощенный	1ГЖО
		Второй газовый жирный отощенный	2ГЖо
Газовый жирный	ГЖ	Первый газовый жирный	1ГЖ
		Второй газовый жирный	2ГЖ
Жирный	Ж	Первый жирный	1Ж
		Второй жирный	2Ж
Коксовый жирный	КЖ		
Коксовый	К	Первый коксовый	1К
		Второй коксовый	2К

Продолжение таблицы 1.2.

Коксовый отощенный	КО	Первый коксовый отощенный	1КО
		Второй коксовый отощенный	2КО
Коксовый слабопечающийся низкометаморфозный	КСН		
Коксовый слабопечающийся	КС	Первый коксовый слабопечающийся	1КС
		Второй коксовый слабопечающийся	2КС
Отощенный печающийся	ОС	Первый отощенный печающийся	1ОС
		Второй отощенный печающийся	2ОС
Тощий печающийся	ТС		
Слабопечающийся	СС	Первый слабопечающийся	1СС
		Второй слабопечающийся	2СС
		Третий слабопечающийся	3СС
Тощий	Т	Первый тощий	1Т
		Второй тощий	2Т
Антрацит	А	Первый антрацит	1А
		Второй антрацит	2А
		Третий антрацит	3А

Фракция марки угля определяется исходя из меньшего значения самой мелкой фракции и большего значения самой крупной фракции, указанной в названии марки угля. Так, например, фракция марки ДКОМ (К – 50-100, О – 25-50, М – 13-25) составляет 13-100 мм [7].

Таблица 1.3– Классификация углей по V^r , C^r , Q^r_6 .

Марка угля	Обозначение	Выход летучих веществ $V^r, \%$	Содержание углерода $C^r, \%$	Теплота сгорания $Q^r_6, \text{ккал/кг}$
Бурый	Б	41 и более	Менее 76	6900-7500
Длиннопламенный	Д	Менее 39	76	7500-8000
Газовый	Г	36	83	7900-8600
Жирный	Ж	30	86	8300-8700
Коксовые	К	20	88	8400-8700
Отощеноспекающиеся	ОС	15	89	8450-8780
Тощие	Т	12	90	7300-8750
Антрациты	А	Менее 8	Более 91	8100-8750

Таблица 1.4– Классификация углей по размеру кусков.

Группа	Класс	Условное обозначение	Пределы крупности кусков	
			Нижний	Верхний
Сортовые	Плитный	П	100(80)	300
	Крупный кулак	К	50(40)	100(80)
	Орех	О	25(20)	50(40)
	Мелкий	М	13(10)	25(20)
	Семечка	С	6(5,8)	13(10)
	Штыб	Ш	0	6(5,8)

Продолжение таблицы 1.4.

Совмещенный и отсеvy	Крупный с плитным	ПК	50(40)	300
	Орех крупный	КО	25(20)	100(80)
	Мелкий с орехом	ОМ	13(10)	50(40)
	Семечко с мелким	МС	6(5,8)	25(20)
	Семечко со штыбом	СШ	0	13(10)
	Мелкий с семечком и штыбом	МСШ	0	25(20)
	Орех с мелким, семечком и штыбом	ОМСШ	0	50(40)
	Рядовой	Р	0	300

1.3.2 Кодификация углей

Кодирование каменных углей и антрацитов проводят посредством установления 14-значного кодового числа, которое состоит из восьми цифровых групп, соответствующих восьми параметрам, отражающим генетические особенности и основные технологические характеристики [8].

Значения параметров (цифровые группы) в кодовом числе представляют в следующей последовательности:

- первые две цифры (первая цифровая группа) обозначают показатель отражения R^f и соответствуют нижнему пределу 0,1%-ного диапазона параметра, умноженному на 10;
- третья цифра (вторая цифровая группа) обозначает характеристику рефлектограммы;
- четвертая и пятая цифры (третья цифровая группа) обозначают мацеральный состав на чистый уголь и соответствуют: четвертая - нижнему пределу 10%-ного диапазона содержания инертинита I , деленному на 10; пятая - верхнему пределу 5%-ного диапазона значений содержания липтинита, деленному на 5;

- шестая цифра (четвертая цифровая группа) обозначает индекс свободного вспучивания S_i и соответствует нижнему пределу диапазона его значений с интервалом $1/2$;
- седьмая и восьмая цифры (пятая цифровая группа) обозначают выход летучих веществ на сухое беззольное состояние топлива V^{daf} и соответствуют нижнему пределу 2%-ного диапазона параметра при V^{daf} выше 10% и 1%-ного диапазона при V^{daf} менее 10%;
- девятая и десятая цифры (шестая цифровая группа) обозначают зольность A^d и соответствуют нижнему пределу 1%-ного диапазона параметра;
- одиннадцатая и двенадцатая цифры (седьмая цифровая группа) обозначают массовую долю общей серы на сухое состояние топлива S_t^d и соответствуют нижнему пределу 0,10%-ного диапазона параметра, умноженному на 10;
- тринадцатая и четырнадцатая цифры (восьмая цифровая группа) обозначают высшую теплоту сгорания на сухое беззольное состояние топлива Q_s^{daf} и соответствуют нижнему пределу диапазона параметра в 1 МДж/кг [8].

1.4. Процесс коксования углей

Процесс переработки жидкого, твердого топлива без доступа кислорода называется коксованием. Основные продукты разложения – кокс и газы выходящие во время нагревания продукта. Технология получения заключается в совокупности сложных химических и физико-химических трансформациях органической составляющей угля, объясняющаяся выделением газообразных продуктов и получением остатка.

Физико-химические свойства кокса определяются его структурой, приближающейся к гексагональной слоистой структуре графита. Структура кокса объясняется неполной упорядоченностью: отдельные слои, связанные Ван-дер-Ваальсовыми силами, статистически занимают несколько положений. Наряду с атомами углерода в пространственной решетке кокса, особенно в её периферийной части, могут располагаться гетероатомы (S, N, O) [9].

Температура, скорость нагревания массы и состав шихты влияют на свойства и состав кокса. При понижении температуры коксования и увеличением газовых углей, характеризующихся степенью метаморфизма, реакционная способность возрастает, но при этом уменьшается прочность продукта, а пористость увеличивается.

На повышение прочности влияет увеличение конечной температуры коксования. При долгом коксовании и уменьшении скорости нагрева кокса средняя крупность кусков увеличивается.

1.5. Технологический процесс полукоксования

Полукоксованием называется процесс пирогенетического разложения твердого топлива без доступа воздуха при температурах 500-550° с. Продукты полукоксования - полукок, деготь, газ и подсмольная вода — называются первичными, так как они не претерпевают далеко идущих процессов термического разложения. Полукок представляет собой твердый продукт, отличающийся от кокса большим содержанием летучих веществ и высокой реакционной способностью. Деготь (первичная смола или смола полукоксования) — темно-бурая жидкость, содержащая в отличие от коксовой смолы главным образом соединения жирного и нафтенового рядов, фенолы и пр. Подсмольная вода в отличие от надсмольной воды при коксовании имеет кислую или нейтральную реакцию; удельный вес ее немногим больше единицы; вода обладает резко выраженным запахом сероводорода. Первичный газ обладает высокой калорийностью, достигающей 8500–9000 кал/м³ благодаря большому содержанию метана (СН₄) и его гомологов [10].

Важным фактором является скорость нагревания. При более интенсивном подводе тепла уменьшается выход полукокса и увеличивается выход смолы. Рассматривая влияние скорости нагрева на выход продуктов полукоксования, необходимо иметь в виду и следующее соображение, которое учитывает особенности протекания процесса в определенном аппарате, где перерабатываются большие массы топлива. При медленном нагреве подвод тепла

к топливу происходит равномерно, а образующиеся летучие продукты проходят через слой нагретого топлива, подвергаясь вторичному пиролизу в незначительной степени. При увеличении скорости нагрева, для чего повышают температуру теплоносителя или греющих стен, летучие компоненты, проходя через слои топлива, подвергаются большему пиролизу как в массе топлива, смешиваясь с более нагретым теплоносителем, так и у греющих стен. В результате вторичного пиролиза выход смолы может существенно снижаться и увеличиваться количество газообразных продуктов [11].

Заметное влияние на выход продуктов влияет крупность кусков перерабатываемого топлива, чем больше размер, тем меньше образуется смолы, но больше полукокса. Аналогичное влияние оказывает повышение давления: уменьшается выход смолы, но образуется полукокс и газообразные продукты. При повышении давления растет его прочность, что объясняется трудностью выделения летучих веществ.

1.6 Нефтяные добавки при коксовании углей

В работе [12] показано, что при производстве металлургического кокса можно сократить количество коксующихся углей за счет введения нефтяного сырья с выходом летучих веществ 14-24 %.

Данная технология была разработана с целью удовлетворения качества и выхода кокса, при не подходящем химическом составе кокса. Основная проблема – низкая стабильность и прочность кокса, что делает его не удовлетворяющим качества для использования в качестве металлургического топлива.

Добавки компенсируют эти свойства. Уголь с высоким содержанием летучих (в составе которых присутствует высокое содержание летучих) смешивают с нефтяным коксом (в составе которого так же присутствуют летучие , но отличные от первого). Такое комбинирование уменьшает получение коксовой мелочи и ореха.

Наиболее приемлемы результаты с точки зрения экономии и относительно свойств полученного металлургического кокса наблюдаются при использовании

смеси от примерно 7 до 25% нефтяного кокса по весу. Количество нефтяного кокса ниже 3% не приводит к таким изменениям структурной стабильности коксового продукта, чтобы обеспечить необходимое качество для использования его в качестве металлургического топлива [12].

Количество от 3 до 50 % может использоваться для получения ожидаемого результата, но экономически выгодным считается расчет, при котором используется не более 25%, в редких случаях нефтяной кокс имеет большую доступность и низкую цену, процент добавки можно увеличить. Процентное соотношение массы угля должно быть больше, чем масса нефтяного кокса.

В некоторых случаях в смесь можно добавлять пек, или заменять уголь с высоким содержанием летучих, на другой более доступный, но не более 10%. В любом случае, смесь, полученная при соблюдении рекомендаций по улучшению качества получаемого продукта, будет от той, что получится без добавления нефтяного кокса. При соблюдении всех условий коксования с нефтяными добавками, коксообразование повысится.

Смесь угля с высоким содержанием летучих и нефтяного кокса, с или без вышеуказанных компонентов, загружается в коксовый аппарат, затем подвергается нагреву температурой коксования до завершения коксования, при этом получают требуемый твердый, плотный, металлургический кокс. Температура в печи зависит от длительности коксования, ширины печи, ее производительности и прочих факторов [12]..

Эффективная температура коксования будет сильно различаться в зависимости от производительности и регулируется согласно указанной норме производства, в отличии от обычных операций коксования для производства высококачественного металлургического кокса с высоким коксовым числом, низким содержанием летучих и золы, а так же с содержанием серы, адаптированным для предполагаемой области применения [12].

Получаемый кокс в разы отличается своими свойствами от того, который был бы получен без добавок. Этому свидетельствуют ряд испытаний на прочность выявленных с помощью дробительной установки.

Данный кокс, полученный из определенной смеси, имеет отличные показатели стабильности и твердости, а так же высокую калорийность, хороший размер и сопротивление разрушению. Следует учитывать, что только сырой нефтяной кокс имеет в своем составе те летучие компоненты, которые используются в ходе получения удовлетворительного результата.

Температура может начинаться от 850°C и доходить до 1500°C с промежутком от 14 до 72 часов, такой большой разбег объясняется вариативностью печей и их режимов.

Вывод по главе 1. Из анализа источников информации представляется целесообразность проведения опробования шихты каменного угля с сырыми коксами замедленного коксования.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Для проведения экспериментального полукоксования использовали каменный уголь Эльгинского месторождения бурый Коркинского разреза.

Эльгинское месторождение – одно из самых больших и богатое полезными ископаемыми месторождение России. Находится в юго-восточном регионе Якутии, к востоку от Нерюнги относительно недалеко от Байкало-Амурской магистрали. На период 2011 года, запасы внутри месторождения насчитывают около 2,2 млрд. т. полезных ископаемых.

Коркинский угольный разрез находится в Челябинской области, входит в Челябинский бурогольный бассейн.

Последним компонентом исследования является Омский сырой нефтяной кокс замедленного коксования марки К30 (КЗК).

2.2. Метод исследования

2.1 Методика определения прочности кокса

Прочность полукокса определяют по относительному выходу надситной фракции после обработки в барабане Рога. Полученный полукокс помещают отсек барабан, закрывают и проверяют герметичность крышки барабана. Включают барабан на 3 мин при скорости вращения $(50 \pm 0,1)$ мин⁻¹, по прошествии времени, установку отключают. Извлекают весь кокс из барабана. Просеивают на сите с размером ячейки 1,0 мм, взвешивают оставшийся на сите кокс с точностью до 0,1 г. Данную процедуру проводят 3 раза, т.е. суммарно проходит 9 мин. Прочность кокса после барабана (% масс.), определяют по формуле:

$$P = 100 \frac{m_2}{m_1},$$

где m_2 - масса фракции + 1,0 мм после 3-х кратного вращения в барабане, г;

m_1 – исходная масса пробы, г.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРОБОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ШИХТЫ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ

3.1 Подготовка опытных образцов комбинированной шихты

Пробы углей и кокса раздробили вручную и рассеяли на ситах с размером ячеек 1 мм и 3 мм. Для шихты использовали фракции -1+0 мм и -3+1 мм.

Для коксования приготовили 5 вариантов опытной шихты массой ~20 грамм каждая, отличающихся рецептурой (табл. 3.1):

1 вариант: -3+0 мм Эльгинского угля, добавка -1+0 мм сырого КЗК.

2 вариант: -3+0 мм Эльгинского угля, добавка -3+1 мм сырого КЗК.

3 вариант: -3+0 мм Эльгинского угля без добавки КЗК.

4 вариант: -3+0 мм Эльгинского и бурого углей (1:1), добавка -1+0 мм КЗК.

5 вариант: -3+0 мм Эльгинского угля и бурого угля (1:1) без добавки КЗК.

Таблица 3.1 – Рецептура шихты исследованных вариантов

Компоненты шихты	Фракция, мм	1	2	3	4	5
Эльгинский уголь, %	-3+1	35	35	50	12,5	25
	-1+0	35	35	50	12,5	25
Коркинский уголь, %	-3+1				12,5	25
	-1+0				12,5	25
Сырой нефтяной кокс, %	-3+1		30			
	-1+0	30			50	

Таблица 3.2 – Исходная масса опытной шихты по вариантам

Масса, г	1	2	3	4	5
шихты	20,090	20,055	20,150	20,070	20,130
тигля	46,595	47,610	44,695	52,915	53,735
тигля с шихтой	66,685	67,665	64,845	72,985	73,865

3.2 -Полукоксование опытных проб

Подготовленные сухие шихты тщательно перемешали, поместили в фарфоровые тигли, и оставили в эксикатор на сутки.

Затем пробы из эксикатора переносим в муфельную печь с программным управлением МИМП-6УЭ для полукоксования. Режим полукоксования: скорость нагрева 10 °С/мин, до 500 °С, изотермическая выдержка при 500 °С – 1,0 час.

Наблюдения в процессе коксования:

- 450°С удаление белых летучих веществ;
- 470°С, смесь внутри тиглей начала гореть пламенем, черный дым;
- 555°С при изотермической выдержке огонь прекратился, дым исчез, температура начинала снижаться.

Пробы охлаждали медленно вместе с печью. Затем тигли с пробами извлекаем. В шихтах с эльгинским углем получен кусковой полукоксов, за исключением шихты из смеси углей с добавкой сырого КЗК. Внешний вид полукоксов представлен на рисунках 3.1 и 3.2.

Определили массу и рассчитали выход коксового остатка (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Выход коксового остатка из опытных шихт

№ пробы	1	2	3	4	5
Масса тигля со смесью после полукоксования, г	63,365	64,4	60,255	69,985	68,72
Исходная масса шихты,г	20,09	20,05	20,15	20,07	20,13
Масса полукоксов,г	16,72	16,79	15,56	17,07	14,99
Потеря массы полукоксования, г	3,37	3,27	4,59	3,00	5,15
	%	16,77	16,28	22,78	14,95
Выход полукоксов, %	83,23	83,72	77,22	85,05	74,44

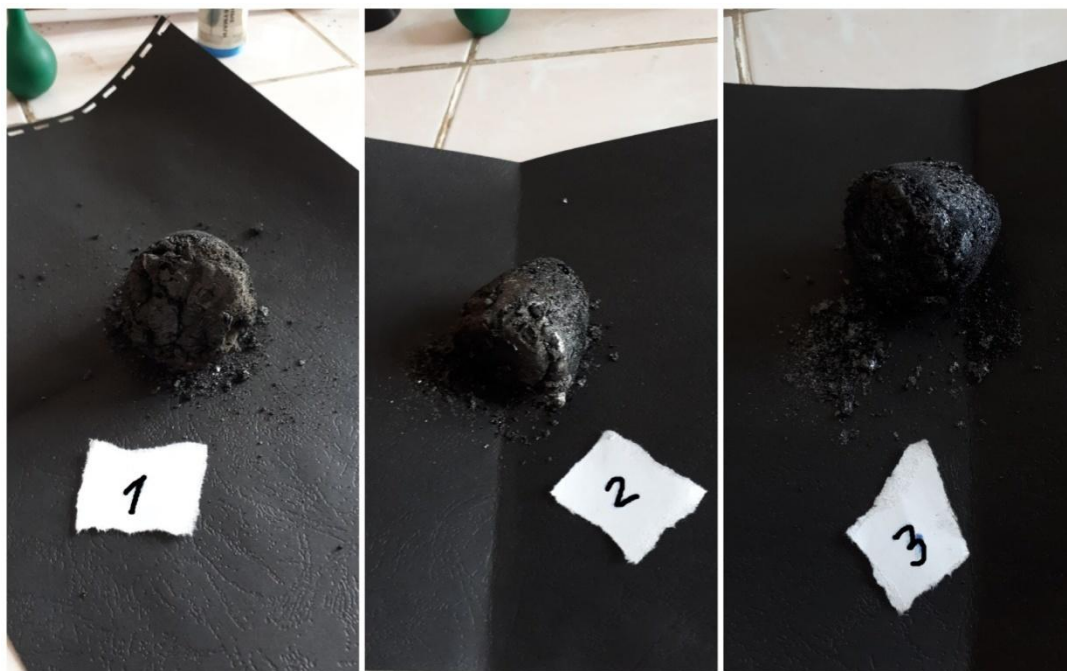


Рисунок 3.1. Полукоксы из Эльгинского угля с КЗК:

1 – уголь (-3+0 мм), КЗК (-1+0 мм); 2 – уголь (-3+0 мм), КЗК (-3+1мм); 3 – уголь (-3+0 мм) .

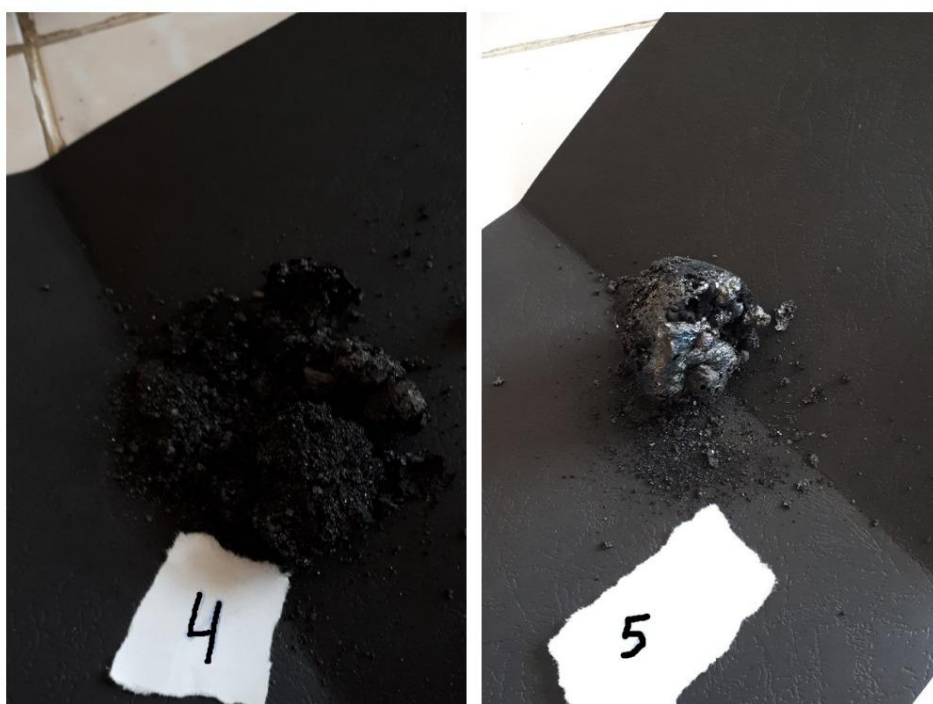


Рисунок 3.2. Полукоксы из смеси каменного и бурого углей с введением КЗК:

4 –угли (-3+0 мм) каменный и бурый (1:1), КЗК (-1+0 мм); 5 – те же угли без КЗК

Из таблицы 3.3 видно, что введение сырого нефтяного кокса в шихту коксования способствовало повышению выхода кокса примерно на 10 %, независимо от крупности и состава угольной шихты.

3.3 Определение прочности опытных полукоксов.

Прочность полукоксов определяли по методике, изложенной в главе 2 (п. 2.2.3). Полученные образцы загрузили в барабан, в течение 9 минут крутили в барабане, затем измельченный полукокк рассеяли на сите с размером ячейки 1 мм. Рассчитали прочность по отношению надситного продукта к исходной массе (табл. 3.4)

Таблица 3.4. - Прочность опытных полукоксов

	1	2	3	4	5
Выход полукокса, %	83,23	83,72	77,22	85,05	74,44
Масса полукокса (до дробления), г	16,70	16,79	15,56	17,07	14,99
Масса надситной фракции, г	6,77	10,08	9,52	6,70	7,99
Прочность, %	40,5	60,0	61,2	39,3	53,3

Из табл. 3.4 видно, что введение сырого нефтяного кокса зерновой фракции -3+1 мм в шихту их Эльгинского угля практически не влияет на прочность полукокса. Введение нефтяной коксовой мелочи (-1 мм) снизило прочность в ~1,5 раза. Присутствие в шихте бурого угля снизило прочность с 61,2 до 53,3 %.

Прочность полукокса из смесовой шихты с нефтяной коксовой мелочью получена 39,3 %, практически на уровне аналогичной шихты с Эльгинским углем (40,5 %).

Выводы по главе 3.

1. Проведено полукоксованием опытных шихт из каменного и бурого углей с введением сырого нефтяного кокса замедленного коксования.

2. Показано, что опытная рецептура способствовала повышению выхода полукокса примерно на 10 %, независимо от крупности и состава угольной шихты.

3. Выявлено, что частичная замена в шихте эльгинского угля на бурый уголь снизило прочность с 61,2 до 53,3 %. Введение зерновой фракции (-3+1 мм) сырого нефтяного кокса в шихту Эльгинского угля практически не влияет на прочность полукокса, а коксовой мелочи (-1 мм) снизило прочность в ~1,5 раза.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При осуществлении исследовательской части был проведен инструктаж по технике безопасности при работе с химической посудой, реактивами и аппаратом участвующем в ходе работы.

4.1 Общая характеристика научно-исследовательской лаборатории

Расположение учебного и лабораторного оборудования указано на рисунке 4.1.

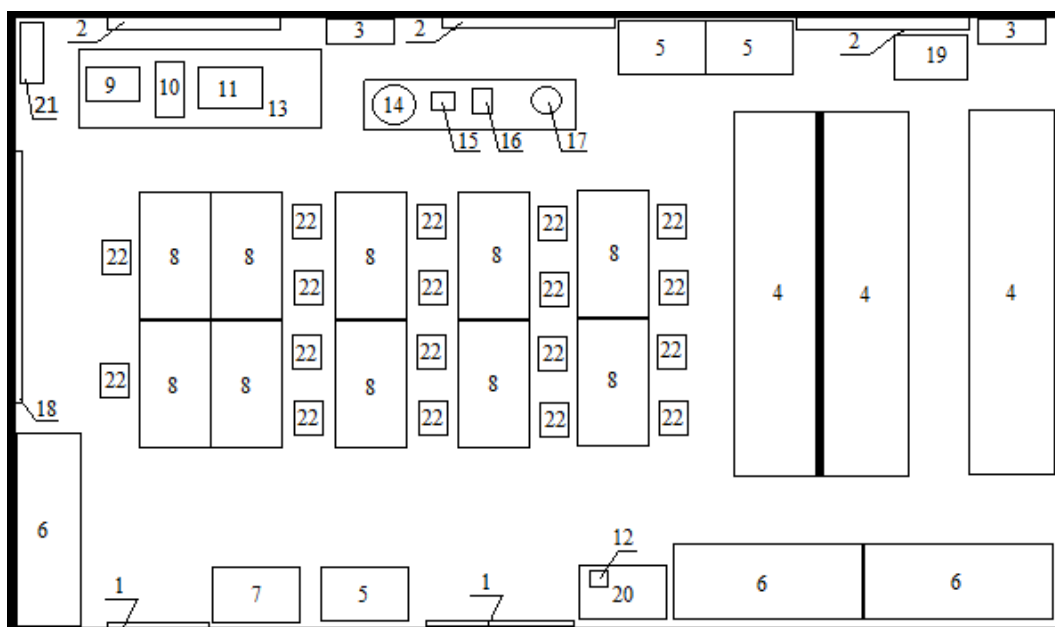


Рисунок 4.1 – Схема лаборатории

1 – дверь; 2 – окно; 3 – раковина; 4 – стол кафельный; 5 – шкафы для химических реактивов и химической посуды; 6 – вытяжной шкаф и вытяжка; 7 – сушильный шкаф; 8 – столы учебные; 9 – фотоэлектродиметр; 10 – аналитические весы; 11 – мешалка; 12 – колбонагреватель; 13 – стол с приборами; 14 – лабораторные весы; 15 – плитка; 16 – весы технические электронные; 17 – эксикатор; 18 – доска; 19 – письменный стол; 20 – лабораторный стол; 21 – сейф; 22 – стулья

Помещение – 5,0 x 10,0 метров. Имеется три окна 1,5 x 2,0 метра, 2 раковины, 15 розеток 220 В, 7 лабораторных столов, 11 столов для письменных работ, 3 вытяжных шкафа и 2 вытяжки.

4.2 Состав вредных и опасных факторов

Согласно ГОСТу обнаружены следующие вредные и опасные производственные факторы:

- физические: повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура воздуха рабочей зоны; шум; вибрация; электромагнитное излучение; освещение;
- химические: вредные вещества и соединения;
- опасные факторы: пожароопасность; опасный уровень напряжения в электрической цепи [15].

4.3 Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда

4.3.1 Охрана труда при работе в химической лаборатории

Правила и нормы предназначены для предотвращения неблагоприятных последствий работы внутри помещения.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения [16].

Температура наружной поверхности стенки печи составляет 45°C , $I_{\text{max}} = 140 \text{ Вт/м}^2$, что удовлетворяет требованиям. Также выделение избыточного тепла при работе печи не происходит.

При работе с материалами и оборудованием соблюдаются такие меры предосторожности как:

- используются теплоизоляционные средства защиты рук ;
- используются металлические щипцы с прорезиненными ручками.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 5.1, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года. При выполнении исследований, в теплый период, t воздуха составляла 22°C , влажность воздуха – 60%.

Данная НИР относится к категории тяжести трудового процесса 1б.

Таблица 4.1 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Температура поверхностей, $^{\circ}\text{C}$	Относит. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1б (140...174)	21...23	20...24	60...40	0,1
Теплый	1б (140...174)	22...24	21...25	60...40	0,1

4.3.2 Вредные вещества

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны при выполнении технологических процессов не должно превышать предельно допустимых значений (ПДК) [17].

В научно-исследовательской работе использовались реактивы представляющие химическую опасность.

Основными характеристиками вредных веществ являются: величина предельно допустимой концентрации вещества в воздухе рабочей зоны; преимущественное агрегатное состояние вещества; класс опасности вещества; особенности действия на организм человека [17].

4.3.3 Вентиляция

Необходимые характеристики микроклимата воздуха обеспечиваются системой вентиляции.

В лаборатории применяется вытяжная местная вентиляция – вытяжные шкафы. Вытяжная вентиляция используется для удаления вредных веществ в ходе работы. Она не только более экономична, но и наиболее эффективна, так как напрямую находится над рабочей зоной, так как некоторые вещества превышают предельно разрешенную концентрацию.

4.3.4 Освещенность

Безопасность и здоровье условия труда в большой степени зависят от освещенности рабочих мест. Пользуются естественным, искусственным и совмещенным освещением [18].

Освещение является одним из важнейших условий нормальной жизнедеятельности. Правильно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создает благоприятные условия труда [19].

Существует раздельное нормирование естественного, искусственного и комбинированного освещения.

Естественное освещение нормируется коэффициентом естественного освещения, % в зависимости от характеристики зрительной работы, разряда зрительной работы и системы освещения [19].

Данный разряд работы относится к четвертому.

Нормируемыми параметрами искусственного освещения являются: величина освещенности и сочетание показателя ослепленности и коэффициента пульсации [19].

Коэффициент естественного освещения:

$$KEO = \frac{S_{ок} \cdot t_{общ} \cdot \tau}{S_{п} \cdot N_o \cdot K_3 \cdot K_{зд}} \cdot 100\%$$

где $S_{ок}$ – суммарная площадь оконных проемов, m^2 ;

$t_{\text{общ}}$ – общий коэффициент светопропускания;

r – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию;

$S_{\text{п}}$ – площадь пола, м^2 ;

$N_{\text{о}}$ – коэффициент световой активности проема;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса, учитывающий эксплуатационное снижение освещенности вследствие загрязнения светильников и ламп, а также уменьшение светового потока ламп, в процессе их эксплуатации;

$K_{\text{зд}}$ – коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса, учитывающий эксплуатационное снижение освещенности вследствие загрязнения светильников и ламп, а также уменьшение светового потока ламп, в процессе их эксплуатации.

$$t_{\text{общ}} = t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4 \cdot t_5$$

где t_1 – коэффициент светопропускания материала (0,87);

t_2 – коэффициент, учитывающий потери света в световых проемах (0,5);

t_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (1);

t_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных приборах (1);

t_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, установленной под фонарями (0,9) [19].

Проведя расчёты, получаем $\text{КЕО} = 2,1\%$. В светлое время суток КЕО на рабочем месте должен составлять 1,5%, получили 2,1 %, что удовлетворяет требуемым условиям.

Искусственное освещение вычисляется из формулы коэффициента использования светового потока:

$$E = \frac{\Phi \cdot N \cdot n}{K_3 \cdot S \cdot Z}$$

где Φ – световой поток светильника, лм;

N – число светильников;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент неравномерности освещения;

n – коэффициент использования системы освещения, зависящий от типа светильника, коэффициентов отражения потолка и стен, а также индекса помещения [20].

Проведя расчёты, получаем $E = 212,5$ лк. Норма искусственного освещения должна быть не меньше 200 лк, что соответствует нормам освещения химических лабораторий.

4.3.5 Шум

При проведении научно-исследовательской работы возникают механические шумы источниками, которых являются: приточно-вытяжная вентиляция, сушильный шкаф, компрессор[11,12].

Воздействие шума пагубно влияет на состояние человека.

В таблице 4.2 указаны предельно допустимые уровни звука для трудовой деятельности усредненной степени напряженности.

Таблица 4.2 – Предельно допустимый уровень звука для трудовой деятельности средней степени напряженности в дБ

Категория напряженности при осуществлении трудового процесса	Категория тяжести процесса	
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка
I степени	60	60

В ходе проведения научно-исследовательской работы уровень шума не превышал допустимого значения.

4.3.6 Электробезопасность

Химическая лаборатория соответствует классу помещения повышенной опасности, так как в ней находится электрооборудование, создающее потенциальную электроопасность.

Общие требования и номенклатура видов защиты»:

- размещение токоведущих частей на недоступной высоте;
- ограждение токоведущих частей;
- изоляция, которая обеспечивает защиту от поражения электрическим током в случае прикосновения;
- защитное заземление для устранения опасности поражения током при появлении напряжения на корпусе отпускной печи [23,24].

Подсоединение приборов к сети должно соответствовать принятым нормативам [25].

4.3.7 Пожарная безопасность

Исходя из пожарных свойств веществ и условий их применения, помещение лаборатории относится к пожароопасной категории «В4» в соответствии с федеральным законом №123 – ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (принят 2009г). В4 – Пожароопасные помещения (горючие и трудно-горючие жидкости, твердые и трудно-горючие вещества, способные только гореть при условии, что эти помещения не относятся к А и Б). Лаборатория снабжена медицинской аптечкой со средствами для оказания первой помощи при несчастных случаях. В лаборатории имеются следующие средства пожаротушения: огнетушитель ОП-5 – 1 шт; песок; асбестовое волокно.

Для обеспечения пожарной безопасности приняты следующие меры:

- ограничение массы и объема горючих веществ;
- применение оборудования, не образующего источник зажигания;
- поддержание в исправном состоянии оборудования, измерительных электроприборов, электропроводки, вытяжной вентиляции;

- пожарная сигнализация – 2 датчик, реагирующий на повышение температуры, 2 датчик, реагирующий на задымление;
- пожарный инвентарь (ящики с песком, огнетушитель, ведра);
- проведен инструктаж по технике пожарной безопасности.

Вывод по главе 4. Во избежание получения травм в ходе работы следует учесть некоторые правила. Для этого необходимо при работе с едкими веществами надевать защитные перчатки, исключать попадание едких веществ на кожу, использовать защитные очки, защитить органы дыхания респиратором. Помещение лаборатории соответствует требованиям безопасности, которые соответствуют изначально заявленным нормативам охраны труда.

5 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Научно-исследовательская работа – это один из видов экономической деятельности, результатом которой является информационный продукт, в данном случае, это получение кокса наилучшего показателя прочности и выхода летучих веществ. Проведение научно-исследовательской работы требует затрат денежных средств, которые вычислены в ходе экономической части дипломной работы.

5.1 Сетевое планирование

Сшивание сетевого графика производится на основе перечня выполняемых работ, приведенного в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Перечень выполняемых работ

Код	Наименование работы	Продолжительность, дни		
		Минимальная	Максимальная	Ожидаемая
0-1	Составление графика работ	1	2	1,4
1-2	Поиск литературы	1	2	1,4
2-3	Анализ литературы	2	3	2,4
3-4	Подготовка рабочей зоны	1	2	1,4
4-5	Подготовка сырья для коксования	2	4	2,8
5-6	Проведение коксования	1	2	1,4
6-7	Расчет выхода летучих веществ	5	7	5,8
7-8	Анализ прочности	5	7	5,8

8-9	Сравнительный анализ проб	1	2	1,4
9-10	Анализ свойств полученных образцов	1	2	1,4
10-11	Обработка данных	1	2	1,4
11-12	Расчет экономического раздела	2	3	2,4
12-13	Расчет БЖД	1	2	1,4
13-14	Оформление работы	1	2	1,4
14-15	Создание презентации	1	2	1,4

5.2 Расчёт материальных затрат

Материальные затраты представлены в таблице 4.4.

Таблица 5.4 – Материальные затраты

Наименование товара	Единицы измерения	Цена за единицу, руб.	Количество единиц	Стоимость материала, руб.
Омский сырой нефтяной кокс	кг	600	0,03	18
Эльгинский уголь	кг	440	0,05	22
Коркинский уголь	кг	400	0,05	20
Итого				60

5.3 Расчёт затрат на электроэнергию

Затраты электроэнергии представлены в таблицах 5.5 и 5.6.

Таблица 5.5 – Расчет потребляемой электроэнергии на приборы

Наименование приборов	Мощность, кВт	Фактическое время работы, ч	Стоимость, руб
Весы аналитические	0,1	3	0,39
Муфельная печь	3,5	20	93,1
Компьютер	0,6	90	71,82
Вытяжной шкаф	0,7	30	27,93
Дробилка	2,1	3	8,19
Итого			201,43

Таблица 5.6 – Расчет потребляемой электроэнергии на освещение

Расход в месяц, кВт·ч	Количество месяцев	Стоимость 1 кВт·ч, руб.	Полная стоимость, руб.
86,4	2	1,33	224,64

Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии составляет 1 рубль 33 копейки. Предусматривается 8 часовой рабочий день. Всего затраты на электроэнергию (приборы + освещение) составляют 426 рублей.

5.4 Расчет амортизационных отчислений

Расчет амортизационных отчислений производится по формуле:

$$A = \frac{C_б \cdot N_a \cdot T_ф}{T_{год} \cdot 100}$$

где $C_б$ – балансовая стоимость, руб;

N_a – норма амортизационных отчислений, %;

$T_ф$ – фактическое время работы оборудования, дней;

$T_{год}$ – годовой фонд рабочего времени, 365 дней.

Данные расчета амортизационных отчислений на проведение НИР представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Амортизационные отчисления на проведение НИР

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Баланс. стоимост	Годовая норма амортизации, %	Время использ-я, дней	Сумма амортизац. отчислений,руб
Муфельная печь		30 000	10	2	17
Компьютер		40 000	10	15	164
Весы аналитические		10 500	10	14	40
Вытяжка		14 000	10	4	15
Дробилка		20 000	10	4	22
Итого					258

На оборудование, стоимость которого не превышает 10000 руб. амортизационные отчисления не производятся.

5.5 Расчёт фонда заработной платы

Данные расчета фонда заработной платы представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Фонд заработной платы

Этапы работы	Состав исполнителей, чел	Установл. должност. оклад, руб	Доплата к окладу, %	Время работы, дней	Зарплата, руб
Теор. часть	Профессор-1	12 000	15	15	10 350
	Инженер-1	9 000	15	15	7 760
Эксп. часть	Лаборант-1	7 000	15	35	14 090
Итого					32 200

5.6 Общая смета затрат

Из расчёта всех затрат составляется общая смета затрат на проведение НИР (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Смета затрат на проведение НИР

Наименование статьи затрат	Сумма затрат, руб.	Обоснование
Материальные затраты на проведение НИР	60	таблица 5.4
Затраты на электроэнергию	426	таблицы 5.5 и 5.6
Затраты на зарплату	32 200	таблица 5.7
Единый социальный налог	8 372	26% от ФЗП
Амортизационные отчисления	258	таблица 5.8
Накладные расходы	3 220	10% от ФЗП
Итого		44 536

Вывод по главе 5. Расчет сметы затрат показал, что для выполнения научно-исследовательской работы понадобится сумма в размере 44536 рублей.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1 Выполнен обзор научно-технической литературы. Выявлено, что сырьевая база для получения металлургического кокса может быть расширена за счет вовлечения нефтяного сырья.

2. Разработаны опытные составы шихт Эльгинского каменного угля, Коркинского бурого угля с введением 30–50 % нефтяного кокса замедленного коксования. По результатам полукоксования показано, что:

– опытная рецептура с нефтяным коксом способствовала повышению выхода полукокса примерно на 10 %, независимо от крупности и состава угольной шихты;

– введение зерновой фракции (-3+1 мм) сырого нефтяного кокса в шихту Эльгинского угля практически не влияет на прочность полукокса, а коксовой мелочи (-1 мм) снизило прочность в ~1,5 раза.

– частичная замена в шихте каменного угля на бурый уголь снизила выход кокса (цифры) прочность полукокса с 61,2 до 53,3 %

4. Для промышленного внедрения рекомендуется введение в шихту коксования углей сырые нефтяные коксы замедленного коксования марки К30 в количестве до 30 %..

5. Расчет сметы затрат показал, что расходы на выполнение ВКР составили 44536 рублей.

6. Учебная лаборатория для выполнения научно-исследовательских работ студентами соответствует требованиям безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 <https://coal-liza.livejournal.com/24227.html>
- 2 И. Н. Карп/ Энергетика: история, настоящее и будущее / – Киев, 2005.
- 3 <http://uusb.ru/product/coal/physical-properties-of-coal.html>
- 4 В. Г. Липовича/ Химия и переработка угля / Липович В. Г., Калабин Г. А., Калечиц И. В.; / 1988. - 336 с.
- 5 <http://nado.znate.ru/Уголь#link4>
- 6 <http://spb-sovtrans.ru/geologiya-tverdyh-goryuchih-iskopaemyh/347-mineralnye-komponenty-i-zolnost-ugley.html>
- 7 <http://rosmining.ru/wp-content/uploads/2014/11/Классификация-углей.pdf>
- 8 ГОСТ 30313-95 Угли каменные и антрациты (угли среднего и высокого рангов). Кодификация (с Изменением N 1)
- 9 <https://studwood.ru/1593372/tovarovedenie/opredelenie>
- 10 С.Ф. Кафтанов Общая химическая технология топлива
- 11 <http://masters.donntu.org/2017/feht/nekrasova/library/article1.htm>
- 12 Производство металлургического кокса. Clarence R. Lohrey, Ontario , Calif., цедент компании “Kaiser Steel Corporation”, г.Окланд, шт.Калифорния, корпорация Невады.
- 13 ГОСТ Р 55660-2013 Топливо твердое минеральное. Определение выхода летучих веществ (Переиздание)
- 14 ГОСТ Р 52917-2008. Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги в аналитической пробе

- 15 ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
- 16 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
- 17 ГОСТ 12.1.005-88 (2001) «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
- 18 СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1)
- 19 ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1)
- 20 ГОСТ Р 54943-2012 Здания и сооружения. Метод определения показателя дискомфорта при искусственном освещении помещений
- 21 ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)
- 22 ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
- 23 ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Изменением N 1)
- 24 ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)
- 25 ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)