

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

\_\_\_\_\_ 2019 г.

Выбор связующих материалов и способ гранулирования пылевых  
углеродных материалов.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–18.03.01.2019.133 800 ПЗ ВКР

Руководитель работы, профессор  
кафедры, д.т.н., с.н.с.

\_\_\_\_\_ Б.Ш. Дыскина

\_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы,  
студент группы ЕТ-433

\_\_\_\_\_ А.А. Гвоздев

\_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер, доцент кафедры,  
к.х.н.

\_\_\_\_\_ К.Р. Смолякова

\_\_\_\_\_ 2019 г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Гвоздев.А.А. Выбор связующих материалов и способ гранулирования пылевых углеродных материалов. Челябинск: ЮУрГУ ЕТ; 2019, 55 с, 13 рис, 22 таб., библиогр. список 10 наим.

В электродной и углеграфитовой промышленности образуется значительное количество углеродсодержащих пылей. В зависимости от точки сбора различают пыль сырого и прокалённого кокса, пыль антрацитов и термоантрацитов, пыль механической обработки графитированных материалов.

В литературе [ 6 ] есть способы применения углеродсодержащей пыли:

1. в качестве составляющей угольной шихты
2. в качестве окускованного твердого топлива
3. Путем изготовления нудель-графита с дальнейшим использованием его как технологического сырья для производства угольной продукции.

Однако эти способы не получили промышленного применения.

Цель работы – выбрать оптимальные связующее и способ гранулирования пылевых углеродных материалов

Для выполнения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Отбор представительной пробы углеродной пыли
2. Выбор связующих материалов
3. Экспериментальное опробование связующих материалов разными способами гранулирования

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  | Стр. |
|--|------|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 5    |
| 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ.....   | 7    |
| 1.1. Классификация методов гранулирования.....   | 8    |
| 1.2. Оборудование для гранулирования порошков.....   | 8    |
| 1.3. Гранулирование методом окатывания.....  | 9    |
| 1.4 Гранулирование прессованием.....   | 10   |
| 1.5 Гранулирование сухого порошка.....   | 11   |
| 1.6 Свойства антрацитов.....   | 12   |
| 1.6.1 Зольность вещества.....  | 16   |
| 1.6.2 Выход летучих веществ.....   | 17   |
| 1.7 Сыпучесть порошков.....  | 18   |
| 1.8 Смачиваемость порошков.....  | 18   |
| 1.9 Адгезионные свойства.....  | 18   |
| 1.10 Классификация связующих.....  | 19   |
| 1.11 Оценка гранулируемости вещества.....  | 25   |
| 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....   | 26   |
| 2.1 Объект исследования.....   | 26   |
| 2.2 Методы исследования.....   | 26   |
| 2.2.1 Методика определения зольности.....  | 26   |
| 2.2.2 Методика определения действительной плотности.....   | 28   |
| 2.2.3 Методика определения выхода летучих веществ.....   | 29   |
| 2.2.4 Определение механической прочности нелетучего осадка углей...                                      | 30   |
| 2.2.5 Определение кажущейся плотности цилиндрических образцов....  | 31   |
| 2.2.6 Методика определения гранулометрического состава гранулята...                                      | 31   |
| 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПЫЛЕВЫХ УГЛЕРОДНЫХ<br>МАТЕРИАЛОВ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СВЯЗУЮЩЕГО..... | 32   |
| 3.1 Гранулирование методами окатывания и протирания через сито.....                                      | 32   |

|  |    |
|--|----|
| 3.2 Гранулирование методом прессования, выдавливанием со шнековой подачей массы.....               | 36 |
| 3.2.1 Подготовка массы.....  | 36 |
| 3.2.2 Прессование выдавливанием через фильеры.....   | 36 |
| 3.2.3 Опробование связующего Bakelite PF 6357 FP. ....   | 38 |
| 3.3. Гранулирование методом прессования в глухую матрицу.....                                      | 40 |
| 4 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ.....                                 | 43 |
| 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....  | 46 |
| 5.1 Общая характеристика научно-исследовательской лаборатории.                                     |    |
| 5.2 Электробезопасность.....   | 48 |
| 5.3 Общие требования охраны труда при работе в химической лаборатории                              | 49 |
| 5.4 Анализ вредных и опасных факторов связанных с проведением научно-исследовательской работы..... | 49 |
| 5.5 Пожарная безопасность.....   | 50 |
| ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....  | 53 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....  | 55 |

## ВВЕДЕНИЕ

Активное развитие металлургических процессов в последние годы предусматривает доводку содержания углерода в металле с помощью науглероживателя (карбюризатора). Одним из способов получения карбюризатора является гранулирование углеродных порошков. Требования к качеству гранул: внешний вид, размеры, плотность и прочность, выход летучих веществ, зольность и массовая доля серы.

В электродной и углеграфитовой промышленности образуется значительное количество углеродсодержащих пылей. В зависимости от точки сбора различают пыль сырого и прокалённого кокса, пыль антрацитов и термоантрацитов, пыль механической обработки графитированных материалов. Многие годы электрофильтровая пыль систематически вывозилась и все еще вывозится на свалки. По некоторым данным [1] количество углеродсодержащих отходов вывезенных на свалку составило 26, 8 тыс тонн из них фильтрованной пыли 17,1 тыс тонн. В 2008 г. была предложена комплексная программа по снижению потерь и рациональному использованию отходов. Это вовлечение пыли в технологию могло бы привести к снижению твердых выбросов и уменьшению свалок. Конечно, не обошлось и без проблем, а именно углеродсодержащая пыль неоднородна по гранулометрическому составу, удельной поверхности и зольности [2], что стало препятствием для использования их в качестве сырьевого материала.

В литературе [ 6 ] есть способы применения углеродсодержащей пыли:

1. в качестве составляющей угольной шихты
2. в качестве окускованного твердого топлива
3. путем изготовления нудель-графита с дальнейшим использованием его как технологического сырья для производства угольной продукции.

Однако эти способы не получили промышленного применения.

Цель работы – выбрать оптимальные связующее и способ гранулирования пылевых углеродных материалов

Для выполнения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Отбор представительной пробы углеродной пыли
2. Выбор связующих материалов
3. Экспериментальное опробование связующих материалов разными способами гранулирования

В результате выполненной работы установлена целесообразность гранулирования циклонной термоантрацитовый пыли с использованием в минимального количества связующего сухого бакелита (6,2–11,8 %) прессованием в глухую матрицу.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ПОРОШКОВ (Литературный обзор)

Гранулирование – совокупность физических и физико-химических процессов, которые обеспечивают формирование гранул определенных размеров, форм, необходимой структуры, а также физических свойств из порошковых и пылевых материалов. Гранулирование проводят с целью получения промежуточных, а также готовых продуктов более высокого качества. Этот процесс позволяет значительно снизить склонность пылевых продуктов к слеживанию, тем самым упростить хранение и транспортировку, а также увеличить сроки хранения без значительных изменений свойств [1]. Технологии гранулирования широко применяют в химической, пищевой, фармацевтической, металлургической и других отраслях промышленности.

В электродной промышленности в качестве сырья-наполнителя используются нефтяные и пековые коксы, антрацит и возвраты производства (зеленый, обожженный и графитированный бой). Особенность электродного производства – образование значительного количества углеродсодержащих пылей, которые напрямую не могут быть использованы в качестве наполнителя. В зависимости от точки сбора различают пыль сырого и/или прокалённого нефтяного и пекового коксов, пыль антрацитов и термоантрацитов, пыль механической обработки графитированных материалов. Пыли отличаются по гранулометрическому составу, действительной плотности, зольности и массовой доле серы.

Многие годы электрофильтовая пыль систематически вывозилась и все еще вывозится на свалки. По некоторым данным [2] количество углеродсодержащих отходов вывезенных на свалку составило 26, 8 тыс тонн из них фильтрованной пыли 17,1 тыс тонн. В 2008 г. была разработана комплексная программа по снижению потерь и рациональному использованию отходов. Рекуперация углеродных отходов, в том числе

пылевых, может привести к ресурсосбережению с одной стороны и уменьшить площадь технических полигонов.

### 1.1 Классификация методов гранулирования.

При выборе способа гранулирования и вида аппарата следует учесть, что гранулирование связано с изменениями агрегатного состояния, формы и свойств гранулята. Гранулирование разделяют по следующим признакам[2]

1. Из жидкой фазы, диспергированием ее на капли с последующей кристаллизацией растворенного вещества при обезвоживании или охлаждения этой фазы.

2. Из твердой фазы- прессованием с последующем дроблением брикетов до гранул требуемого размера.

3. Из смеси жидкой и твердой фаз- агломерацией порошков с последующей окутыванием агломератов и упрочнением связей между частицами при удалении жидкой фазы.

4. Из газообразной фазы – конденсацией (десублимацией) с образованием твердых гранул

5. Из смеси жидкой и газообразной фазы при протекании химической реакции

6. Из смеси жидкой, твердой и газообразной фазы при протекании химической реакции.

### 1.2 Оборудование для гранулирования порошков

Метод грануляции зависит, от выбора типа оборудования для гранулирования. Виды и конструкции этих машин очень разнообразны: вибрирующие, вращающиеся, неподвижные, механическим перемешиванием.

Помимо всего этого очень важно что бы в аппаратах для гранулирования присутствовали процессы сушки и охлаждения материалов.

Идеальным видом конструкции, является та, которая ведет процесс к наибольшей производительности и лучшему качеству выпускаемого продукта, при самых минимальных затратах. Учитывается стабильность



работы аппарата, при постоянном использовании, но и с недорогими деталями для его починки. В итоге идеальное оборудование для грануляции порошков должно быть: компактным, надежным и снижать собственную себестоимость

### 1.3 Гранулирование методом окатывания

Окатывание включает следующие стадии: смачивание частиц материала связующим, в результате чего образуются агломераты частиц, уплотнение агломератов в слое материала [5]. Процесс осуществляют в барабанных, тарельчатых, скоростных и вибрационных грануляторах.

Принцип действия барабанного (рисунок 1.1) и тарельчатого (рисунок 1.2) грануляторов основан на вращении, соответственно, барабана, установленного горизонтально или под углом  $1-3^\circ$  (частота вращения  $5-20 \text{ мин}^{-1}$ ), и специальной тарелки, размещенной под углом  $45-55^\circ$  (частота вращения  $5-50 \text{ мин}^{-1}$ ), внутри которых перемещается слой материала.

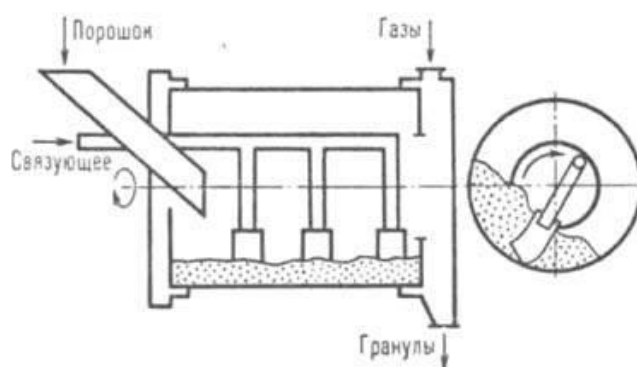


Рисунок 1.1 – Барабанный гранулятор

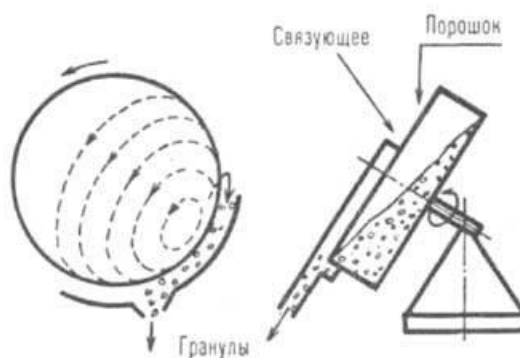


Рисунок 1.2 – Тарельчатый гранулятор (слева показана траектория движения частицы материала при вращении тарелки)

Степень заполнения аппаратов материалом может изменяться от 10 до 15 %.

Окатывание в барабанном грануляторе происходит на боковой цилиндрической поверхности, в тарельчатом – на поверхности днища тарелки.

#### 1.4 Гранулирование прессованием

Прессование можно производить в глухую матрицу с получением гранул в форме брикетов, плиток путем уплотнения сухих порошков или порошков со связующим, иногда с последующим дроблением спрессованного материала [5] или методом экструзии.

Применяют валковые и вальцовые прессы (рисунок 1.3), таблеточные машины, зубчатые роторные грануляторы. Для непрерывной подачи порошка и его предварительного уплотнения используют подпрессовыватель (спиралевидный шнек).

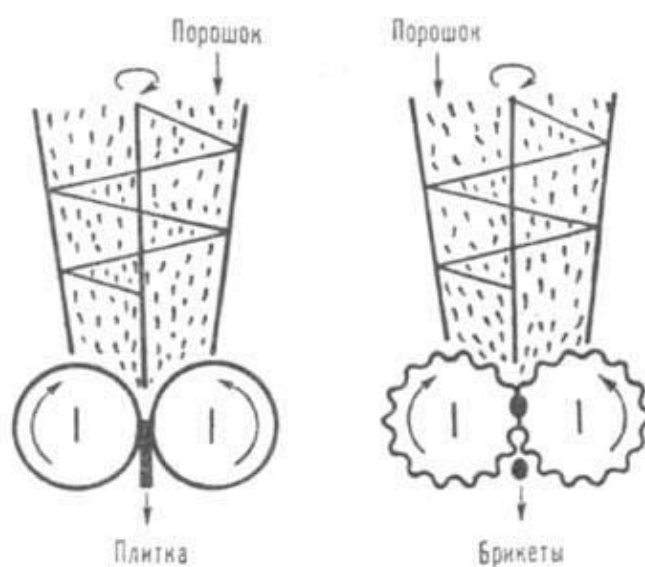


Рис. 1.3 – Валковый (слева) и вальцовый (справа) прессы

Экструзия – образование гранул путем продавливания пластично-вязкой массы с помощью шнека через головку экструдера с последующим разрезанием или дроблением материала [5]. Метод используют в основном для гранулирования термопластов, каучуков и резиновых смесей, а также концентрированных кормов.

## 1.5 Гранулирование сухого порошка

Такой процесс применяется компанией «С. Д. Верен» (США) в печи фирмы «Дор-Оливер» при обжиге каустизационного шлама с целью получения активной гранулированной извести (рисунок 1.9).

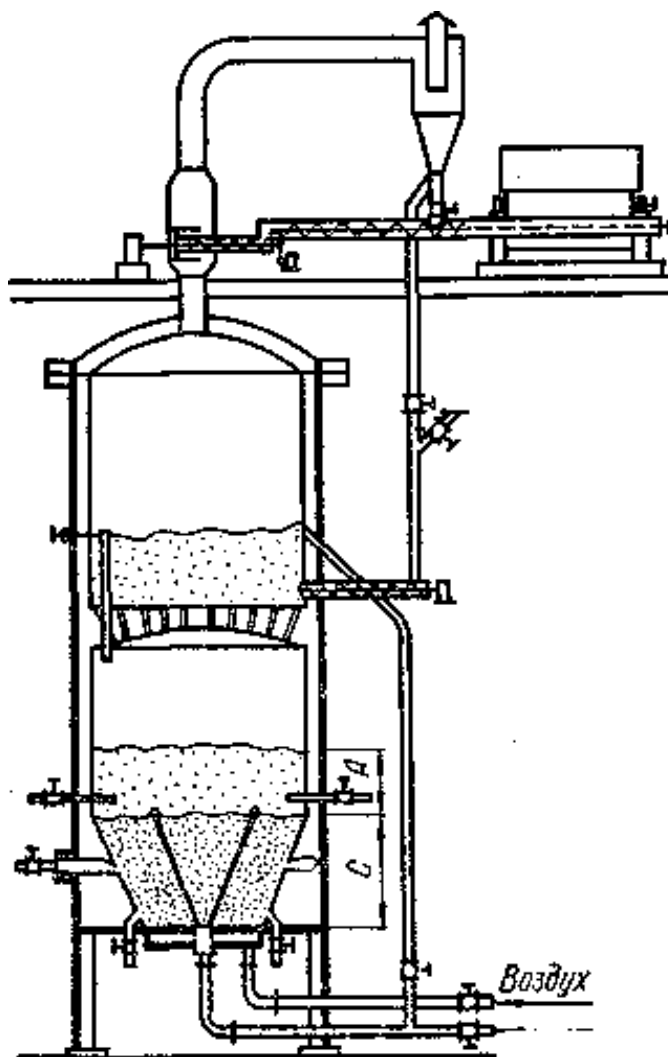


Рисунок 1.9 – Печь для регенерации извести фирмы «Дор-Оливер».

В составе шлама есть примеси, которые плавятся при температуре процесса и связывают известь в гранулы. Вертикальная шахта разделена на две части газораспределительной решеткой. В верхней части происходят сушка и предварительный подогрев шлама, содержащего 1 % соды. Диссоциация  $\text{CaCO}_3$  происходит в нижней высокотемпературной зоне. Выше

уровня ввода топлива поддерживается псевдооживленный слой, ниже происходит охлаждение гранулированной извести в плотном слое воздухом.

Достоинствами процесса псевдооживления является возможность автоматизации процесса, проведения в одном аппарате нескольких процессов, непрерывность, большая производительность. Однако кипящий слой предполагает непрерывное многотоннажное производство. Для предприятия с односменным графиком работы более подходит процесс окатывания с периодической схемой производства. В нашем случае – это загрузка, смешение, гранулирование, сушка и выгрузка.

### 1.6 Свойства антрацитов.

Антрацит – основной компонент угольных электродов и угольных блоков для кладки и футеровки печей. В электродном производстве антрацит применяется[6] прокаленным производством после длительной термообработки при температуре 2500°С в электрических печах в виде термоантрацита. Основные требования к качеству этого вида сырья – высокая электропроводность, механическая прочность, термическая стойкость, низкая зольность и сернистость. Некоторые сорта антрацитов используются в производстве искусственного графита.

Антрациты относятся к наиболее метаморфизованным углям. Они имеют высокую плотность (1,4 – 1,7 г/см<sup>3</sup>), более блестящи и прочны по сравнению с каменными углями. Содержание углерода в них достигает 92 –97 мас.%, выход летучих веществ 2 – 8 мас.%. Антрациты разного происхождения значительно различаются по степени метаморфизма и по дисперсной структуре. Чем больше степень метаморфизма, тем меньший выход летучих дает антрацит при прокаливании, тем больше удельный вес, твердость и ниже пористость.

В зависимости от степени слоистости антрациты делят на:

- массивные,
- крупнослоистые,
- тонкослоистые.

Со степенью метаморфизма и дисперсной структурой связаны важные технические свойства антрацитов – поведение их при измельчении и нагревании. При измельчении разрушение происходит прежде всего на отдельные образования, затем – на слабые структурные элементы. Очевидно, что форма зерен должна зависеть от степени измельчения.

При нагревании антрациты склонны к растрескиванию, причем чем быстрее поднимается температура, тем резче проявляется растрескивание. При одной и той же скорости нагревания разрушение антрацита тем больше, чем меньше степень его метаморфизма. Кроме степени метаморфизма антрацита, на его термостойкость влияют структурные особенности. Макроскопически однородные антрациты литого строения с раковистым изломом оказываются термически нестойкими. Антрациты же однородного сложения с крупнозернистым изломом отличаются более высокой термической стойкостью. Несмотря на внешнюю однородность, антрациты по своей структуре являются сложным конгломератом, так как зольные примеси распределены неравномерно. Большая часть их сосредоточена в тонких прослойках и отдельных включениях.

В производстве электродных и электроугольных изделий применяют донецкие антрациты, которые по своим свойствам удовлетворяют требованиям прочности. Для получения электродных изделий высокого качества необходимо, чтобы антрацит имел максимальное содержание углерода при минимальном количестве золы, серы и влаги.

Зольность антрацитов составляет 4 – 6 мас.%. В составе золы содержатся оксиды кремния, алюминия, железа и незначительное количество щелочных и щелочноземельных элементов.

Угли – одни из основных видов энергетического сырья, доля их участия в мировом топливно-энергетическом балансе 30 – 35%. Только с 1950 по 1974 года добыча угля увеличилась в 1,7 раза, превысив 3 млрд. тонн. Угли составляют основную часть (87,5%) прогнозных ресурсов ископаемого топлива Земли, оцениваемых величиной 12,8 триллиона тонн. СССР обладал

крупнейшими ресурсами угля; разведанные и прогнозные геологические запасы угля, отвечающие современным требованиям по качеству и мощности разрабатываемых пластов, составляют 5,7 триллиона тонн (1968).

Антрацит – вид угля, высшей степени метаморфизма, за чистую окрас антрацита от бархатного до металлическо черного, очень часто с сероватым оттенком. Одним из отличий антрацита от каменных и бурых углей является его большая вязкость, не спекается, обладает хорошей электропроводностью. Наибольшая твердость по минералогической шкале 2,0–2,5; плотность органической массы 1500–1700 кг/м<sup>3</sup>. Теплота сгорания органической массы 33,9–34,8 Мдж/кг (8100–8350 ккал/кг). Антрацит обладает небольшой аналитической влажностью 1–3 %, в горючей массе содержит до 9 %, летучих веществ углерода 93,5–97,0 %, водорода 1–3 %, кислорода и азота 1,5–2,0 %. Антрацит с содержанием углерода в горючей массе более 97 % – суперантрацит. По объёмному выходу летучих веществ делится на 2 промышленные марки: полуантрациты с содержанием 220–330 л/кг и собственно антрацит с объёмным выходом менее 220 л/кг.

Антрацит характеризуется малым выходом летучих компонентов, при сжигании не дает копоти. Чтобы поджечь антрацит требуется больше тепла и усилий, чем для бурых и каменных углей, но загоревшись, антрацит дает устойчивое, горячее, чистое пламя голубого цвета и горит без запаха и дыма, дольше чем угли с более низкой стадией углефикации

Антрацит содержит углерод (до 98 %), естественную влагу, золу (балласт). В углях встречаются важные элементы – примеси, которые могут извлекаться: сера, германий, уран, медь, ртуть, галлий, бериллий, молибден, ванадий, цинк, вольфрам, кобальт.

Минеральные примеси находятся либо в тонкодисперсном состоянии в органической массе, либо в виде тончайших прослоек и линз, а также кристаллов и конкреций. Источником минеральных примесей в углях могут быть: неорганические составные части растений-углеобразователей; терригенный материал, приносимый в области торфообразования водой и

ветром, а также минеральные новообразования, выпадающие из растворов вод, циркулирующих в торфяниках. Состав минеральных примесей: кварц, глинистые минералы (главным образом, каолиниты), полевые шпаты, пирит, марказит, карбонаты и др. соединения, содержащие кремний, алюминий, железо, кальций, магний, калий, натрий, титан, редкие и рассеянные элементы (уран, германий, галлий, ванадий и другие). Содержание минеральных примесей изменяется в широких пределах; большая часть при сжигании угля превращается в золу. По зольности угли подразделяют на малозольные (содержание золы менее 10%), средnezольные (10 – 30 %) и высокозольные (более 30%).

По объему летучих веществ антрацит можно разделить на две производственные марки: полуантрациты с содержанием 220–330 л/кг и собственно антрациты с объемным выходом менее 220 л/кг.

Сортность антрацита определяется относительным содержанием серы и золообразующих веществ в угле (табл. 1.1)

Таблица 1.1 – Классификация антрацита по сортности

| Процентное содержание вредных примесей |              |         |
|--|--------------|---------|
| Сорт угля                              | Зольность, % | Сера, % |
| Высокий                                | 2 – 5        | 1       |
| Средний                                | 5 – 8        | 1 – 3   |
| Низкий                                 | 8 - 12       | 3 - 5   |

В высокосортном антраците золы и серы меньше, чем в низкосортном, поэтому он пользуется большим спросом и дороже. Антрацит дороже бурого и каменного углей. Примеси серы нежелательны даже в небольших количествах. Когда уголь сгорает, большая часть серы выделяется в атмосферу в виде вредных загрязняющих веществ – оксидов серы. Соединяясь с кислородом и водой, сера образует серную кислоту, корродирующую механизмы работающих на угле тепловых электростанций.

Уголь – один из самых популярных в мире видов ископаемого топлива, имеет большой выход полезной энергии при производстве электричества и выработке высокотемпературного тепла для промышленных процессов, относительно дешев. Добыча антрацита наносит огромный вред не только на здоровье человека, но и окружающей среде. При его сжигании выделяется огромное количество углекислого газа на единицу полученной энергии. При быстром развитии науки и техники, все еще нельзя заменить антрацит в промышленном применении

#### 1.6.1 Зольность вещества.

Все виды твердого топлива содержат примеси негорючих минеральных веществ, которые при сгорании топлива образуют золу. Минеральные примеси в ископаемом твердом топливе, могут быть разделены на внутренние, а именно перешедшие в топливо из исходных организмов в процессе углеобразования, и внешние – попавшие в топливо из окружающей среды. В большинстве случаев [1] основу минеральных примесей составляют силикаты (алюминия, железа, кальция, магния натрия калия) Непосредственное определение содержания минеральных примесей в твердых топливах является весьма сложным и трудоемким, суммарное их содержание удобнее оценить косвенно, т.е по количеству золы-остатка, образующегося при полном сгорании навески твердого топлива. Количество и состав золы никогда не бывают идентичными содержащемуся в топливе минеральным веществам, ибо при сжигании последние подвергаются разнообразным превращениям, связанных в первую очередь с потерей массы.

#### 1.6.2 Выход летучих веществ.

Под выходом летучих веществ понимают ту массу органической части угля, выделившуюся в виде летучих продуктов разложения при нагревании угля без доступа воздуха[2] в предусмотренных стандартами условиях. Значимость показателя выхода летучих веществ неодинакова для различных видов топлива.



Выход летучих веществ – классификационный показатель, учитывающий степень метаморфизма углей, также и технологическая характеристика угля. Термическая неустойчивость углей характеризуется выходом летучих веществ, определяет технологическую ценность твердых горючих ископаемых и выбор метода переработки. Метод определения выхода летучих веществ весовой.

Процесс гранулирования в основном зависит от механизма, который определяется способом гранулирования. Принята [3] классификация методов:

- Окатывание ( механизм заключается в уплотнении мелких частиц, в связи с наслаиванием и образованием более крупных частиц.)
- Диспергирование( заключается в уплотнении капель жидкости.)
- Прессование сухих порошков ( получение брикетов, в дальнейшем их дроблении на гранулы нужного размера)
- Формирование (экструзия, что означает продавливания вязкой жидкости через отверстия)
- Чешуирование (кристаллизация расплава в виде пленки на поверхность)

#### 1.7 Сыпучесть порошков.

Сыпучесть материалов – характеристика, от которой зависят такие показатели как плотность, гранулометрический состав и так же форма и состав поверхности частиц. В учебниках по гранулированию указано, что сыпучесть порошков определяют минимальную скорость прокатки в процессе непрерывного прессования. Чем лучше сыпучесть порошка, тем проще его прокатка, и тем прочней будет его прессовка. Одним из важных факторов сыпучести, является трение и сцепление частиц между собой. Сыпучесть порошков определяется минимальными значениями коэффициентов внутреннего трения, то есть угол внутреннего трения этих материалов зависит от влажности.

#### 1.8 Смачиваемость порошков.

Процесс смачивания играет большую роль в способах гранулирования различных веществ, поэтому изучение его приобретает большое значение для улучшения процессов гранулирования. При обработке порошка связующим, процесс возникает путем поверхностных сил на смоченный участок частиц порошка. Различают три типа смачивания: контактное (адсорбционное), смачивание с погружением (пропиткой), смачивание при растекании.

#### 1.9 Адгезионные свойства порошков.

В процессе гранулирования частицы порошковидных материалов налипают на поверхность валков, в аппаратах барабанного типа. Это вызвано действием адгезионных сил. На эти силы влияют сами свойства материалов а именно их влажность и гранулометрический состав. Довольно важным аспектом на изменение адгезионных свойств, является действие сил внешнего давления. Так как при гранулировании различных материалов исходный порошок непрерывно подвергается как динамическим, так и статическим нагрузкам и именно по этому при гранулирование методом прессования происходит непрерывное изменение удельного давления. Исследование адгезионных свойств порошков позволяет объяснить повышение эффективности процесса гранулирования методом прессования.

#### 1.10 Классификация связующих веществ

Функции связующего вещества:

- 1) соединять друг с другом одинаковые или различные материалы;
- 2) обеспечивать формирование системы наполнитель-связующее;
- 3) при химических превращениях образовывать прочный монолит.

Связующие вещества могут отличаться происхождением (таблица 1.2):

- природные: животное (мездровый, казеиновый и др.), растительное (крахмал, декстрин, меласса и др.), минеральное (силикатные, битумные, каменноугольные и др.);
- синтетические высокомолекулярные соединения, полученные путем химического синтеза.

Таблица 1.2 – Описание и применение различных видов связующих веществ, используемых в производстве клеев

| Природные клеи     |  |  |
|--------------------|--|--|
| Клей               | Описание   | Применение   |
| Животные           | Из шкур, костей, сухожилий животных с высокой исходной липкостью (клейкостью)  | Переплетное, столярное дело и др. областях, заменили синтетические клеи  |
| Казеиновые         | Из казеина – белка, содержащегося в коровьем молоке  | Добавляются в краски для улучшения сцепления   |
| Альбуминовые       | Из альбумина, белкового компонента крови   | производство фанеры  |
| Растительные       | Растворимые в воде клеи из различных растительных источников, состоящие из крахмала и декстрина, а также природные каучуки | изготовление гофрированного картона, обойные клеи; каучуки используют в повторно увлажняемой продукции (например, в «клейких ярлыках») |
| Синтетические клеи |  |  |
| Аминоклеи          | на основе мочевино-формальдегидных смол в виде водных концентрированных растворов или смешиваемых с водой порошков         | Для соединения дерева и сочетающихся с деревом материалов, изготовления фанеры   |
| Анаэробные         | На основе полиэфиракрилатов. Образуют соединение только в присутствии металлов и без кислорода воздуха                     | Для уплотнения соединений и сохранения соосности металлических поверхностей, которые могут иметь резьбу, шпонки                        |
|                    |  |  |

|                         |  |  |
|-------------------------|--|--|
|                         |  |  |
| Контактные              | На основе растворов синтетического каучука полихлоропрена. Обе поверхности покрывают клеем и получают прочную связь в месте контакта   | Для прочных соединений с высоким сопротивлением сдвигу в слоистых материалах.  |
| Продолжение таблицы 1.2 |  |  |
| Клей                    | Описание   | Применение   |
|                         |  |  |
| Цианакрилатные          | Маловязкие жидкости на основе акриловых мономеров, очень быстро схватываются, некоторые в течение 2-3 с  | для сборки небольших резиновых, пластиковых и металлических деталей, уплотнения для защиты от воздействий атмосферы  |
| Эмульсионные            | Молочно-белые дисперсные системы, часто на основе поливинилацетата   | деревообработка, производство упаковочных материалов, для соединения тканей и технических изделий на их основе   |
| Эпоксидные              | Термореактивные полимерные смолы при нагреве размягчаются, но не плавятся. Двухкомпонент-ные клеи (смола /отвердитель) затвердевают при смешивании, однокомпонентные – при нагреве | Прочность и малая ползучесть соединения, клеи идеальны для применений, не требующих большие нагрузки; высокая вязкость ограничивает применение в небольших деталях |
| Клеи-расплавы           | Термопластичные материалы, которые наносят в расплавленном виде (при 65-180°C) и затвердевают при охлаждении с образованием прочных  | Быстрая сборка всех типов легко нагружаемых компонентов, которые не должны подвергаться воздействию высоких  |

|  |            |  |
|--|------------|--|
|  | соединений | температур или находятся в экстремальных условиях окружающей среды |
|--|------------|--|

Связующие вещества также делятся на неорганические и органические.

Неорганические связующие при прокаливании образуют устойчивые соли и оксиды. Такие вещества будут вносить в карбюратор большое количество золы. Поэтому нам необходимо органическое связующее.

По способу синтеза, согласно [4], ВМС делятся на полимеризационные смолы, полученные полимеризацией одного или нескольких мономеров и конденсационные – поликонденсацией не менее двух химических веществ.

Реакции полимеризации приводят к образованию полимера из ненасыщенных мономеров, имеющих в молекуле двойные или тройные связи. Они соединяются друг с другом, за счет раскрытия двойных связей.

Реакции поликонденсации – совокупность последовательно протекающих элементарных реакций конденсации, в которых участвуют две различные функциональные группы с образованием ВМС и побочного низкомолекулярного продукта. Например, альдегидные группы и подвижные атомы водорода фенольного ядра образуют фенолформальдегидную смолу (ФФС) и воду.

Особенности реакций поликонденсации:

1) Реакция обратима. Влияние обратной реакции может быть значительно (при синтезе полиэфирных смол) и мало заметно (при получении ФФС).

2) Процесс поликонденсации можно прервать на любой стадии, затем продолжить и завершить через некоторый промежуток времени. Обычно процесс прерывают после достижения требуемых технологических свойств смолы, например по вязкости, содержанию непрореагировавших продуктов. В действительности реакция поликонденсации не прекращается: при охлаждении уменьшается лишь ее скорость. При последующем применении

смола в качестве клеящих веществ поликонденсация возобновляется и завершается в условиях, обеспечивающих склеивание материалов.

3) Ступенчатость поликонденсации. Вначале одна молекула исходного вещества соединяется с другой, полученный продукт реагирует со следующей исходной молекулой и т. д., образуя все более крупные молекулы; по мере уменьшения количества исходных веществ, происходит взаимодействие образовавшихся укрупненных молекул; на последнем этапе – доминируют взаимодействия полученных полимеров с образованием длинных цепей.

По мере углубления конденсации увеличивается вязкость реакционной среды, уменьшается скорость, что приводит к прекращению роста макромолекулы и образованию полимеров с ограниченной молекулярной массой. Уменьшение молекулярной массы – следствие деструктивных реакций, с участием выделившихся низкомолекулярных и исходных веществ.

Для получения ВМС с заданными свойствами процессы полимеризации и поликонденсации ведут с участием нескольких различных исходных веществ (сополимеризация и сополиконденсация, соответственно).

Различают макромолекулы линейные, разветвленные и пространственные. Линейная и разветвленная структуры характерны для макромолекул полимеризационных смол.

Мономеры, имеющие две или несколько двойных связей, дают двух- и трехмерные полимеры. Трехмерные или «сшитые» полимеры характеризуются соединением линейных молекул поперечными химическими связями в виде мостиков, образованных различными атомами. К ним относятся терморезистивные смолы в отвержденном состоянии.

Синтетические смолы – сложная смесь близких по составу веществ, состоящих из молекул с разным числом элементарных звеньев. Разные размеры макромолекул обуславливают полидисперсность полимеров и среднюю молекулярную массу.

Химический состав, строение макромолекул и условия получения определяют их свойства. С увеличением длины цепи (возрастанием

молекулярной массы), повышается температура плавления, уменьшается растворимость, увеличивается вязкость, повышаются адгезионные свойства смол до определенных пределов молекулярной массы, при дальнейшем росте – снижаются. При нормальной температуре все синтетические смолы нелетучие, при нагревании не перегоняются, т. е. не имеют точки кипения и точки плавления. При нагревании *термореактивные* смолы плавятся в определенном температурном интервале и переходят сначала в текучее, затем – твердое необратимое состояние, *термопластичные* – в вязкое пластическое состояние.

Термореактивные смолы почти все конденсационные. Связующее на их основе отличается большой прочностью и жесткостью. Термопластичные смолы в отвердевшем состоянии обладают свойством обратимости, при последующем нагреве (ниже температуры разложения) снова размягчаются. К ним относятся смолы ПВА, ПВХ, полиамидные и др. Прочность и жесткость соединений, образующихся при отвердевании термопластичных смол, значительно ниже, чем термореактивных. Наибольшее применение в промышленности получили термореактивные смолы.

По водостойкости синтетические смолы различают: повышенной, средней водостойкости и неводостойкие.

Смолы *повышенной водостойкости* образуют соединения, стойкие к действию кипящей воды (отвержденные при нагревании фенолформальдегидные и другие формальдегидные смолы).

Смолы *средней водостойкости* дают стойкие соединения в холодной воде (мочевино-формальдегидные смолы различных марок).

*Неводостойкие* смолы дают соединения, полностью разрушающиеся в холодной воде, например ПВА-смола.

Связующее изготавливают в виде спиртовых и водных растворов смол, эмульсий, пленок, порошков; в пастообразном и вспененном состоянии. Одни смолы применяют только при нагреве, другие как при нагреве, так и без него.

Ценное свойство синтетических смол – способность образовывать пленки и склеивать различные материалы. Смолы, обладающие адгезионными свойствами, применяются в качестве защитных покрытий и пропиточных составов.

Способы отверждения связующих:

- поликонденсация (кислотоотверждаемые синтетические смолы);
- полимеризация, в том числе образование неорганических полимеров (полисиликатов, полифосфатов и т.п.);
- одноступенчатая полимеризация для некоторых органических связующих (олифы и т.п.) под действием теплоты;
- ступенчатая полимеризация (например, образование полиуретанов из фенолоизоцианатных или алкидноизоцианатных связующих);
- радикальная полимеризация (отверждение полиэфиров под действием  $SO_2$ );
- окислительно-восстановительные реакции с образованием кислых солей (например, железо-, алюмо-, магнийфосфатные системы связующих);
- гидратация (отверждение цементов, гипсов и т.п.);
- физические факторы (вакуум, магнитное поле, замораживание, остывание расплавов термопластичных материалов и т.д.).

#### 1.11 Оценка гранулируемости вещества.

Одним из показателей гранулируемости можно считать уплотняемость вещества т.е. способность вещества к уплотнению за счет воздействия определенного давления. Так же из способа оценки формуемость, возможность сохранять форму, принятую в результате процесса гранулирования. Между этими двумя параметрами есть прямая зависимость а именно, чем больше уплотняющая способность материала, тем лучше его формуемость.

Все эти факторы дают нам информацию о наиболее пригодным и надежном методе гранулирования продукта. Например, чем больше коэффициент гранулируемость, тем при меньших напряжениях



обеспечивается одна и та же степень уплотнения, тем самым можно рекомендовать метод окатывания. И если коэффициент мал, то для его уплотнения требуется более напряжение, т.е. необходимо рекомендовать метод прессования.

Температура, влажность, рН, и т.д. это те физические свойства продукта которые также играют важную роль на параметры гранулирования.

Сухие порошкообразные материалы, рекомендуют использовать такие методы грануляции как прессование или окатывание с добавлением связующего.

## 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объект исследования.

В качестве объекта исследования выбран отход электродного производства – циклонная пыль с прокалки и переработки термоантрацита. В таблице 2.1 приведены основные показатели качества, в таблице 2.2 – исходный гранулометрический состав циклонной пыли.

Таблица 2.1 – Качественные показатели циклонной пыли

| Наименование показателей                    | Значения показателей |
|---|----------------------|
| Действительная плотность, г/см <sup>3</sup> | 1,61                 |
| минимум-максимум                            | 1,47–1,74            |
| Зольность, %                                | 23,0±1,1             |
| Размеры части, мм                           | менее 0,2 мм         |

Таблица 2.2 – Исходный гранулометрический состав циклонной пыли

|             |       |            |         |
|-------------|-------|------------|---------|
| Фракции, мм | +0,16 | -0,16+0,71 | -0,71+0 |
| Доля: г     | 18,85 | 2,96       | 0,62    |
| %           | 84,0  | 13,2       | 2,8     |

В качестве связующего опробовали натриевое жидкое стекло –  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ , жидкий бакелит, порошок бакелита (табл. 2.3).

### 2.2.Методы исследования

#### 2.2.1. Методика определение зольности

Зольность циклонной пыли определяли по ГОСТ Р 55661-2013 (ИСО 1171:2010) Топливо твердое минеральное. Определение зольности [8]

Сущность метода определения зольности аналитической пробы – озоление навески топлива в муфеле и прокалывание зольного остатка до постоянной массы при температуре 800...830 °С. Предварительно взвешивают тигли, затем вносят навеску (примерно 1 г) топлива, распределяя её равномерно слоем по дну фарфорового тигля. Навески устанавливаем на муфель, предварительно нагретый в течение 30 мин до 500 °С.

Таблица 2.3 – Характеристики связующих веществ

|  |                                       |  |                                    |                                |
|--|---------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|
| Наименование показателя                      | Фенолформальдегидное связующее жидкое | Bakelite PF 6357 FP порошок            | Bakelite PF 9950 FL жидкий         | Жидкое стекло                  |
| Внешний вид                                  | Однородная вязкая жидкость ЭГИДА 4.2  | порошок светло бежевого цвета –0,045mm | Однородная вязкая светлая жидкость | Однородная бесцветная жидкость |
| Вязкость динамическая при 20°C, сПз          | 4900                                  |  | 2000±150                           |                                |
| Массовая доля нелетучих веществ при 135°C, % | 65,38                                 |  | 70±2                               | 22,7-22,9                      |
| Массовая доля свободного фенола, %           | 0,3                                   | 0.3                                    | 0.5                                |                                |
| Содержание влаги по К.Фишеру, %              | 7,2                                   |  | 7.5±0.5                            | 4-5                            |
| Кажущаяся плотность г/л                      |                                       | 365                                    |                                    | 1,47-1,52                      |

Закрывают дверцу и постепенно в течении 30–60 мин повышают температуру до 800–830 °С. При этой температуре выдерживают 1,5 часа в закрытом муфеле образовавшийся зольный остаток. Затем тигли с зольным остатком вынимают из муфеля, охлаждают на воздухе до комнатной температуры и взвешивают. После этого прокаливают тигли с зольным остатком в течение 30 мин и определяют изменение массы.

Зольность аналитической пробы в %(А) определяют по формуле:

$$A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} 100\%,$$

где m1 - масса прокаленного тигля;

m2- масса тигля с навеской испытуемого образца;

$m_3$ - масса тигля с зольным остатком после прокаливания навески испытуемого образца.

### 2.2.2. Методика определения действительной плотности

(ГОСТ 22878-82, п. 4.4) [9]

Стандартный метод определения действительной плотности углеродистого материала основан на пикнометрическом определении объема массы по отношению к объему твердой фазы. Метод включает определение водного числа пикнометра и определение плотности спирта.

"Водное число" (объем пикнометра при установленной температуре) в см вычисляют по формуле

Метод основан на пикнометрическом определении массы по отношению к объему твердой фазы. Перед проведением испытания определяют «водное число» пикнометра. Взвешивают пустой пикнометр. Наполняют дистиллированной водой до метки на горлышке. Выдерживают в термостате 20–30 минут при температуре  $20 \pm 0,1$  °С. После выдержки изменившийся уровень воды доводят до метки. Взвешивают пикнометр. Взвешивание повторяют два-три раза до получения совпадающих результатов. Перед каждым повторным взвешиванием пикнометр выдерживают в термостате 15 минут.

Водное число вычисляют по формуле:

$$V = \frac{m_1 - m}{0,9982},$$

где  $m$  – масса пустого пикнометра, г;

$m_1$  – масса пикнометра с водой, г;

0,9982 – плотность воды при температуре 20 °С, г/см<sup>3</sup>.

Затем определяют плотность спирта аналогично определению «водного числа» пикнометра и вычисляют по формуле:

$$\rho_{cn} = \frac{m}{V},$$

где  $m$  – масса спирта, г;

$V$  – «водное число» (вместимость пикнометра),  $\text{см}^3$ .

При определении плотности графитированного материала навеску массой 2 г, помещают во взвешанный пикнометр и взвешивают. Пикнометр наполняют на 1/3 объема спиртом, помещают на водяную баню. Выдерживают в течение 3–5 минут. Охлаждают, доливают спиртом до метки и помещают в термостат. Выдержку в термостате и взвешивание пикнометра с навеской материала и спиртом производят так же, как и при определении «водного числа» пикнометра.

Действительную плотность материала вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V \cdot \rho_{cn} - (m_1 - m_2)} = \frac{m \cdot \rho_{cn}}{V \cdot \rho_{cn} - (m_1 - m_2)},$$

где  $m$  – масса навески материала, г;

$\rho_{cn}$  – плотность спирта при 20 °С,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

$m_1$  – масса пикнометра со спиртом и навеской, г;

$m_2$  – масса пикнометра с навеской, г;

$V$  – вместимость пикнометра («водное число»),  $\text{см}^3$ .

### 2.2.3 Методика определения выхода летучих веществ.

Определение выхода летучих веществ проводили в соответствии с ГОСТ Р 55660–2013 [11]/ Сущность метода заключается в нагревании навески ( $1 \pm 0,01$  г) топлива в тигле с закрытой крышкой при температуре  $850 \pm 10$  в течении 8 мин. После этого определяют выход летучих веществ по разности между общей потерей массы топлива и потерей после испарении влаги.

Тигли с навеской устанавливают в нагретую печь до  $840\text{--}860^\circ\text{C}$  и выдерживают не более 7 минут. По истечении времени тигли вынимают и охлаждают в течение 5 минут в эксикаторе, затем взвешивают и освобождают от нелетучего осадка. Выход летучих веществ рассчитывают по формуле:

$$V_a = \frac{100 (m_2 - m_3)}{m_2 - m_1} - W_a$$

где  $m_1$  – масса пустого тигля с крышкой, г;

$m_2$  – масса тигля с крышкой и навеской пробы до испытания, г;

$m_3$  – масса тигля с крышкой и нелетучим остатком после испытания, г;

$W^a$  – массовая доля влаги в аналитической пробе, %.

#### 2.2.4. Определение механической прочности нелетучего остатка углей.

Нелетучий остаток, предварительно взвешивают и помешают в металлическую трубу. Поднятый груз на уровень края трубки опускается на твердое топливо три раза. Раздробленный уголь помещается на сито с размером ячейки 1 мм и рассеивается. После сбора “надрешетного” продукта взвесить его с точностью до 0.01г.

Механическая прочность вычисляется по отношению массы “надрешётного” продукта к массе исходного продукта в процентах.

$$\text{Механическая прочность} = \frac{W_{\text{надреш.}}}{W_{\text{исход}}} * 100\%$$

$W_{\text{надреш}}$  - вес надрешетного продукта, г

$W_{\text{исход}}$  –вес исходного продукта, г

#### 2.2.5. Определение кажущейся плотности цилиндрических образцов

Сущность метода – определении массы и объема цилиндрических образцов. Кажущуюся плотность ( $D_k$ , г/см<sup>3</sup>) рассчитывали по формуле:

$$D_k = m/V,$$

где  $m$  – масса образца, г

$V$  – объем образца, см<sup>3</sup>

$$V = \pi r^2 h$$

#### 2.2.6. Методика определения гранулометрического состава гранулята

Сущность метода заключается в рассеивании гранул на ситах с размером ячеек 5,5 мм; 4 мм и 2 мм и определении массы полученных фракций и вычислении их процентного содержания в исходной пробе.

### 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПЫЛЕВЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

Циклонную пыль, отобранную на участке дробления и размола термоантрацита (см. п. 2.1) гранулировали методами: окатывание, протираание через сито; прессование выдавливанием и в глухую матрицу.

#### 3.1 Гранулирование методами окатывания и протираания через сито

Для гранулирования циклонной пыли в качестве связующего опробовали жидкое стекло. Схемы операций:

а) Дозирование → окатывание.

Навеску пыли равномерно распределяли по поверхности поддона, по каплям вводили связующее, накрывали крышкой и вручную окатывали. Гранулы получены мелкие, мягкие. Продолжительность окатывания не приводит к увеличению размеров и прочности.

б) Дозирование → смешивание → окатывание.

Навеску пыли равномерно распределяли по поверхности поддона, по каплям порционно вводили связующее, после каждой порции связующего массу смешивали до получения однородного комка, накрывали крышкой и вручную окатывали. Принцип оптимизации связующего – порционное введение в постоянную навеску пыли. Количество связующего увеличивали от 16,5 до 30 %. Качество гранул оценивали визуально. Гранулы округлой формы. С повышением количества связующего – размер (диаметр) гранул увеличивался и при 30 % составил 3–7 мм (табл. 3.1)

Таблица 3.1 – Опробование метода окатывания с жидким стеклом

| Количество связующего, % | Выход, % | Гранулят                   | Вывод        |
|--------------------------|----------|----------------------------|--------------|
| 16,5                     |          | Смесь гранул 1-2 мм и пыли | недостаточно |
| 27,8                     |          | Смесь гранул 2-6 мм и пыли | недостаточно |
| 30,0                     | 54,2     | Гранулы 3-7 мм             | недостаточно |

Методика определения количества связующего в массе

В навеску пыли (8.7 г) ввели жидкого стекла до общей массы 10,42 г. Расчетное количество связующего 16,5 %. Смесь компонентов тщательно смешивали, затем окатывали. Получили смесь мелких гранул и пыли.

Ввели связующее до общей массы 12.05 г, связующего стало 27.8 %. Получили окатанный полигранулят 2–6 мм и остаток пыли.

Добавка жидкого стекла до общей массы 12,43 г (30,0 %) привела к получению более крупных гранул 3–7 мм (рис. 3.1а), из некоторых гранул отмечено выдавливание жидкого стекла.



в) Дозирование → смешивание → образование комка массы → протираание через сито.

Для протираания через сито готовили пластичную массу, последовательно увеличивая количество связующего с 30,2; 31,5 до 37,4 % до получения комка (табл. 3.2). Затем комок протирали через сито с размером ячейки 4 мм, получили мягкие жирные гранулы по диаметру 4 мм, длина неограниченна.



Рисунок 3.1 – Гранулы из циклонной пыли на жидком стекле:

Таблица 3.2 – Опробование протираания массы с жидким стеклом через сито

| Количество связующего, % | Выход сухих гранул, % | Гранулят                                       | Вывод              |
|--------------------------|-----------------------|--|--------------------|
| 30,2                     |                       | Комкование массы не для протираания через сито | недостаточно       |
| 31,5                     |                       |  | недостаточно       |
| 37,4                     | 47,5                  | Получен комок массы                            | Избыток связующего |

Методика подготовки комка массы для протирания.

В навеску пыли (14,1 г) ввели связующее до общей массы 20,2 г, количество связующего составило 30.2 %. Полученную смесь тщательно смешивали, пытались окатывать, но комкования не происходило. Добавили жидкого стекла до общей массы 20,56 г, процент связки 31,5%. Массу выложили на ровную поверхность, попытались окомковать – не получилось. Комок получен из массы с содержанием жидкого стекла 37,4 %, опробовали протирание через сито. Получены мягкие гранулы червеобразной формы диаметром 4 мм (рис.3.1 б). По нашему мнению, количество связующего (37,4 %) избыточно. Рекомендуемое количество связующего – не более 35 %.

Сушка гранул. Гранулы на жидком стекле – методов (б) и (в) сушили при температуре 120 °С, 40 мин. в сушильном шкафу.

Выход сухих гранул от исходной массы составил 54,2 и 47,4 % для (б), и (в), соответственно. Остальное – зеленый бой (45,8 и 52,6 %) может быть использован повторно.

Сухие гранулы независимо от метода гранулирования нерастворимы в воде.

Сухие гранулы рассеяли на ситах с размером ячеек 5,5; 4,0 и 2,0 мм (табл. 3.3). Из таблицы 3.3 видно, что выход гранул размерами более 5,5 мм составил 70 % (б) и 62 % (в) (табл. 3.3); гранул более 4 мм – 83 и 94 %, соответственно.

Таблица 3.3 – Гранулометрический состав гранул на жидком стекле,

| Метод гранулирования<br>(количество жидкого стекла) | Размеры частиц мм (%) |          |      |      |
|---|-----------------------|----------|------|------|
|   | +5,5                  | -5.5+4,0 | -4+2 | -2+0 |
| Окатывание (30 %)                                   | 70                    | 13       | 10   | 7    |
| Протирание (37 %)                                   | 62                    | 31       | 4,5  | 1.9  |

Из таблицы 3.4 видно зольность гранул на жидком стекле превышает зольность исходной циклонной пыли в среднем на 4.4 % (при 30 % жидкого стекла); и на 7,9 % (при 37 % жидкого стекла). Увеличение зольности

обусловлено присутствием в составе жидкого стекла силикатного модуля  $(\text{SiO}_2)_n$

Таблица 3.4 Качественные показатели сухих гранул

| Метод гранулирования<br>(количество жидкого стекла) | Качественные показатели. |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|
|   | Зольность, %             | Выход летучих веществ, % |
| Окатывание (30 %)                                   | 27,4±0,4                 | 17,8                     |
| Протирание (37 %)                                   | 30,9±0,3                 | 19,8                     |
| Исходная циклонная пыль                             | 23,0±1,1                 |                          |

Опробованием жидкого стекла в качестве связующего при гранулировании циклонной пыли методами окатывания и протирания через сито показано что:

- для получения гранул размерами более 5,5 мм требуется минимум 30–35 % жидкого стекла в качестве связующего;
- жидкое стекло приводит к повышению зольности гранул относительно исходной пыли. Превышение составило 4,4–7,9 %.
- жидкое стекло не рекомендуется в качестве связующего для циклонной пыли антрацита-термоантрацита.

### 3.2. Гранулирование методом прессования выдавливанием со шнековой подачей массы

Для гранулирования циклонной пыли выдавливанием через фильеры с подачей массы шнековым способом в качестве связующего опробовали жидкий Wakelite PF 9950 FL и порошковый сухой Wakelite PF 6357 FP.

Схема операций: Дозирование → Смешивание → Подпрессовка → Прессование гранул

#### 3.2.1 Подготовка массы

Подготовка массы для прессования включает операции дозирования циклонной пыли и порционного введения связующего и смешивания массы

после каждой порции. Введение связующего завершается после получения массы пригодной для прессования выдавливанием. Подготовка массы для всех видов связующего аналогична.

Рассмотрим методику подготовки массы на примере Bakelite PF 9950 FL.

Навеску пыли массой 50,58 г равномерно распределили на поверхности дна смесителя, маленькими порциями вводили связующее. Общая масса компонентов достигла 55,2 г, количество связующего – 8,4 % и смешивали. Связующего недостаточно – масса не образовывалась. Затем порционное введение связующего повторили 4 раза, увеличивая количество связующего каждый раз примерно на 5 %, смешивали и органолептически оценивали качество массы. При 29,8 % образовалась суховатая масса, добавили 1,2 %, получили 67,5 г массы, пригодной для прессования (табл. 3.5).

### 3.2.2 Прессование выдавливанием через фильтры

Готовую массу порционно загрузили в пресс, выход из пресса закрыли заглушкой, с помощью шнековой подачи сделали подпрессовку в течение 5–7 мин. После чего заглушку убрали и массу выдавливали через фильтры размерами 6 мм. Получено 44,5 г гранул червеобразной формы диаметром 6 мм (рис. 3.2) Выход «зеленых» гранул составил 65,9 %. Остальное – зеленый бой 34,1% – используется возвратно.

Таблица 3.5 – Оптимизация количества связующего жидкого Bakelite

| Количество связующего, % | Визуальное качество массы         | Вывод        | Выход гранул, % |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------|-----------------|
| 8,4                      | Масса не образуется               | недостаточно |                 |
| 13,6                     | Масса не образуется               | недостаточно |                 |
| 18,4                     | Масса не образуется               | недостаточно |                 |
| 24,5                     | Первые признаки образования массы | недостаточно |                 |
| 29,8                     | Остался на стенках порошок        | недостаточно |                 |

|               |                              |            |      |
|---------------|------------------------------|------------|------|
| 31,0 (67,5 г) | Готовая масса для пресования | достаточно | 65,9 |
|---------------|------------------------------|------------|------|



Рисунок 3.2 – Гранулы из циклонной пыли на жидком Bakellite

Полученные гранулы сушили при температуре 120 °С в течение 40 мин. в сушильном шкафу. Масса сухих гранул – 35,06 г. Выход сухих 78,8 % от сырых гранул, то есть массовая доля влаги – 21,2 %. Сквозной выход от исходной массы составил 51,9 %. Остальное – влага и зеленый бой.

Сухие гранулы рассеяли на ситах с размером ячеек 5,5; 4,0 и 2,0 мм. Выход гранул размерами более 5,5 мм составил 94 % (табл. 3.7). Более мелкие гранулы могут быть использованы возвратно.

Таблица 3.6 Выход зеленых и сухих гранул

| Связующее        |               | Выход гранул, % |       |          |
|------------------|---------------|-----------------|-------|----------|
| Вид              | Количество, % | зеленых         | сухих | сквозной |
| Bakellite жидкий | 31,0          | 65,9            | 78,8  | 51,9     |
| Bakellite сухой  | 28,5          | 42,2            | 69,0  | 29,1     |
| Bakellite сухой  | 23,0          | 37,7            | 73,5  | 27,7     |

Таблица 3.7 – Гранулометрический состав гранул, полученных выдавливанием

| Связующее       |               | Размеры частиц мм (%) |          |      |      |
|-----------------|---------------|-----------------------|----------|------|------|
| Вид             | Количество, % | +5,5                  | -5.5+4,0 | -4+2 | -2+0 |
| Bakelite жидкий | 31,0          | 94,0                  | 2,0      | 1,8  | 2,2  |
| Bakelite сухой  | 28,5          | 95,6                  | 1,3      | 1,3  | 1,8  |
| Bakelite сухой  | 23,0          | 96,8                  | 1,3      | 1,0  | 0,9  |

### 3.2.3 Опробование связующего – порошок Bakelite PF 6357 FP

В качестве связующего использовали бакелит порошкообразный марки Bakelite PF 6357 FP. Количество – 23,0 и 28,5 %. Последовательность операций как в п.3.2.2:

Дозирование → Смешивание → Подпрессовка → Прессование

Прессовали гранулы выдавливанием через фильтры диаметром 6 мм, подачей массы шнековым способом.

Подготовка массы с порошкообразным связующим

Изготовили 2 образца сухой смеси с разным количеством связующего 23,0 и 28,5 %. Связующее вводили порционно. Чтобы масса прессовалась выдавливанием – добавляли воду. Количество воды 43 и 50 мл.

Состав массы с водой на 50 г циклонной пыли:

- 1) Связующее – 13,9 %; вода – 39,8 %
- 2) Связующее – 16,7 %; вода – 41,7 %

Готовую массу порционно загружали в пресс. Для подпрессовки выход из пресса закрыли заглушкой. Подпрессовку проводили в течение 5–7 мин. После чего массу выдавливали через фильтры размерами 6 мм.

Выход зеленых гранул – 37,7 %. Остальное пресс-остаток, пригодный для возвратного использования. Внешний вид гранул на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Гранулы из циклонной пыли на Bakelite PF 6357 FP

Гранулы сушили как в п. 3.2.2 и определяли гранулометрический состав.

Сухие гранулы рассеяли на ситах с размером ячеек 5,5; 4,0 и 2,0 мм. Выход гранул размерами более 5,5 мм составил 96,8 и 95,6 % при количестве связующего 23 и 28,8 %, соответственно (табл. 3.7). Более мелкие гранулы могут быть использованы повторно.

Зольность гранул на жидком Bakelite составила 14,5 %, что на 8,5 % абс. меньше, чем зольность исходной пыли 23,0 %. Выход летучих веществ сравним с количеством жидкого связующего – 33,4 %.

При использовании сухого Bakelite зольность и выход летучих веществ из гранул при количествах связующего 23,0 и 28,5 % имеют близкие значения (табл.3.8). Зольность гранул (17,2 и 17,7 %) также меньше, чем зольность исходной пыли (23 %).

Таблица 3.8 – Качество гранул, полученных выдавливанием

| Связующее | Качественные показатели |
|-----------|-------------------------|
|-----------|-------------------------|

| Вид             | Количество,<br>% | Зольность, % | Выход летучих<br>веществ, % |
|-----------------|------------------|--------------|-----------------------------|
| Bakelite жидкий | 31,0             | 14,5         | 33,4                        |
| Bakelite сухой  | 28,5             | 17,2         | 20,4                        |
| Bakelite сухой  | 23,0             | 17,7         | 20,6                        |
| Циклонная пыль  | 0                | 23,0±1,1     |                             |

### 3.3. Гранулирование методом прессования в глухую матрицу

Компоненты для приготовления массы циклонная пыль и связующее – бакелит порошкообразный марки Bakelite PF 6357 FP. Количество – 3,2; 6,2; 11,8 и 16,7 %. Последовательность операций:

Дозирование → Смешивание → Прессование

Навеску массы 1 г закладывали в глухую матрицу диаметром 10 мм. Прессовали на лабораторном прессе при давлениях 5,0; 7,5; 10,0 МПа. Зеленые образцы прессованные при давлении 5,0 МПа, взвесили, измерили, рассчитали объем и Дк (табл. 3.8). Наиболее плотные образцы получены с Дк 1,56–1,57 г/см<sup>3</sup> со связующим 6,2–11,8 %. Образцы поставили на основание и оставили на хранение в течение 5 суток, вновь замеряли объем и определяли кажущуюся плотность (Дк, г/см<sup>3</sup>) (табл. 3.8). Образцы 6,2–11,8 % уплотнились до Дк 1,75–1,82 г/см<sup>3</sup>. Внешний вид образцов представлен на рисунке 3.4.

Из таблицы 3.9 видно, что прочность образцов прессованных при давлении 5,0 МПа возрастает с увеличением количества связующего.

С максимальной прочностью получены образцы с 6,2–11,8 % связующего при давлении 10,0 МПа. Наименьшие значения прочности у образцов полученных при давлении 5,0 МПа.

В таблице 3.8 – Влияние давления и концентрации связующего на плотность (г/см<sup>3</sup>) и прочность (%) прессованных образцов



| Количество связующего, % | Давление, кГ/см <sup>2</sup> |                                  |      |      |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|------|------|
|                          | 50                           |                                  | 75   | 100  |
|                          | прессованный                 | после релаксации (через 5 суток) |      |      |
| 3,2                      | 1,36                         | 1,36                             | 1,53 | 1,43 |
| 6,2                      | 1,56                         | 1,82                             | 1,37 | 1,53 |
| 11,8                     | 1,57                         | 1,75                             | 1,55 | 1,53 |
| 16,7                     | 1,43                         | 1,36                             | 1,75 | 1,67 |

В таблице 3.9 – Влияние давления и концентрации связующего на прочность (%) прессованных образцов

| Количество связующего, % | Давление, кГ/см <sup>2</sup> |      |      |
|--------------------------|------------------------------|------|------|
|                          | 50                           | 75   | 100  |
| 3,2                      | 53,3                         | 64,1 | 56,3 |
| 6,2                      | 49,3                         | 63,6 | 76,7 |
| 11,8                     | 59,8                         | 61,8 | 65,1 |
| 16,7                     | 66,0                         | 77,6 | 54,6 |

Таким образом, максимальная прочность получена для образцов с 6,2–11,8 % связующего при давлении 10,0 МПа. Наименьшие значения прочности у образцов полученных при давлении 5,0 МПа. При давлении 5,0 МПа с увеличением количества связующего приводит к повышению прочности.

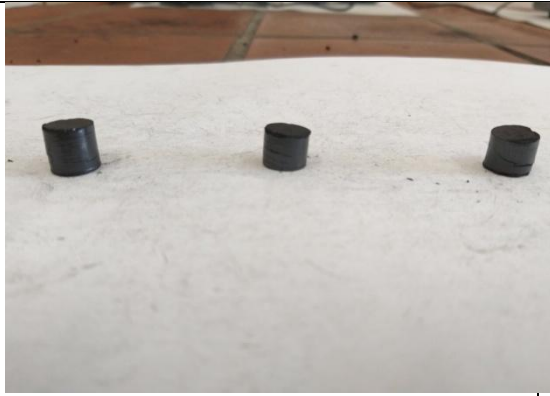
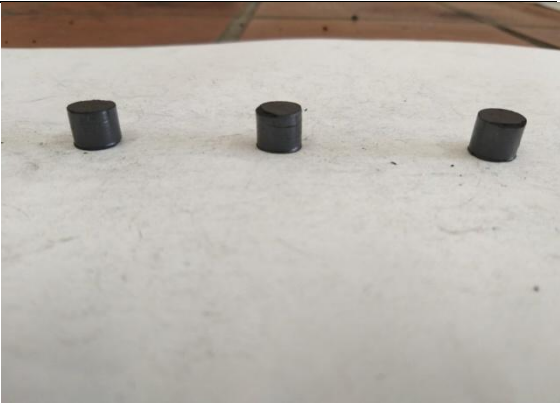
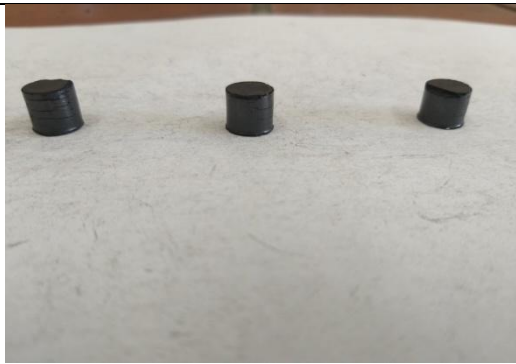
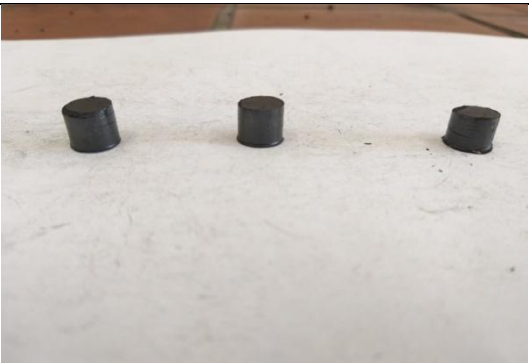
|  |   |
|--|---|
|   |   |
| 3,2 % связующего   | 6,2 % связующего  |
|  |  |
| 11,8 % связующего  | 16,7 % связующего   |

Рис. 3.4. Внешний вид зеленых образцов с разным количеством связующего, прессованных при давлениях 5,0; 7,5 и 10,0 МПа (слева направо на каждом рисунке)

#### 4 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Научно-исследовательская работа – это один из видов экономической деятельности. Продукция этой деятельности – информация. Продукт данной дипломной научно-исследовательской работы – технологическая схема получения карбюризатора с необходимыми параметрами процесса. Проведение научно-исследовательской работы требует затрат денежных средств. В ходе экономической части диплома эти затраты будут вычислены.

Материальные затраты представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Материальные затраты

| №     | Наименование материала                          | Единица измерения | Цена за единицу, руб. | Количество единиц | Стоимость материалов, руб. |
|-------|---|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| 1     | Порошок антрацитовой пыли.                      | кг                | 11.08                 | 1                 | 11.08                      |
| 2     | Вода дистиллированная                           | л                 | 30                    | 1                 | 30                         |
| 3     | Жидкое стекло                                   | л                 | 31.5                  | 1                 | 31.5                       |
| 4     | Фенолформальдегидное связующее жидкое ЭГИДА 4.2 | л                 | 20                    | 1                 | 20                         |
| 5     | Bakelite PF 6357 FP порошок                     | кг                | 100                   | 1                 | 100                        |
| 6     | Bakelite PF 9950 FL жидкий                      | л                 | 100                   | 1                 | 100                        |
| Итого |   |                   |                       |                   | 292,58                     |

Итого: 292,58 рублей.

Порошок антрацитовой были на рынке, выставлен за 170\$ за тонну, что равно по курсу за 2019 год и к моменту написания дипломной работы 11 087.4 тыс.руб. за одну тону товара.

Затраты электроэнергии представлены в таблицах 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2 – Расчет потребляемой электроэнергии на приборы

| №     | Наименование приборов | Мощность, кВт | Фактическое время работы, ч | Стоимость, руб |
|-------|-----------------------|---------------|-----------------------------|----------------|
| 1     | Весы аналитические    | 0,1           | 3                           | 0,399          |
| 2     | Муфельная печь        | 3,5           | 20                          | 93,1           |
| 3     | Компьютер             | 0,6           | 90                          | 71,82          |
| 4     | Плитка                | 0,6           | 5                           | 3,99           |
| 5     | Вытяжной шкаф         | 0,7           | 30                          | 27,93          |
| Итого |                       |               |                             | 197.239        |

Таблица 4.3 – Расчет потребляемой электроэнергии на освещение

| Расход в месяц, кВт·ч | Кол-во месяцев | Стоимость 1 кВт·ч, руб. | Полная стоимость, руб. |
|-----------------------|----------------|-------------------------|------------------------|
| 49,4                  | 3              | 3,19                    | 472,758                |

Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии составляет 1 рубль 33 копейки.

Предусматривается 8 часовой рабочий день.

Всего затраты на электроэнергию (приборы + освещение) = 588 рублей.

Данные расчета амортизационных отчислений на проведение НИР представлены в таблице 4.4

$$A = \frac{C_b \cdot N_a \cdot T_f}{T_{год} \cdot 100}$$

где

$A$  – амортизационные отчисления, руб.

$C_b$  – балансовая стоимость, руб.

$N_a$  – норма амортизационных отчислений, %.

$T_f$  – фактическое время работы оборудования, дней.

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

Таблица 4.4 – Амортизационные отчисления на проведение НИР

| №     | Наименование оборудования | Кол-во, шт | Балансовая стоимость | Годовая норма амортизации, % | Время использования, дн | Сумма амортизационных отчислений, руб |
|-------|---------------------------|------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1     | Муфельная печь            | 1          | 30 000               | 10                           | 4                       | 33                                    |
| 2     | Компьютер                 | 1          | 40 000               | 10                           | 15                      | 164                                   |
| 3     | Весы аналитические        | 1          | 10 500               | 10                           | 14                      | 40                                    |
| 4     | Вытяжка                   | 1          | 14 000               | 10                           | 4                       | 15                                    |
| Итого |                           |            |                      |                              |                         | 252                                   |

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

Данные расчета фонда заработной платы представлены в Таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Фонд заработной платы

| №     | Этапы работы            | Состав исполнителей, чел | Установленный должн. оклад, руб | Доплата за поясн. коэффициент, % | Время работы, дн | Заработная плата, руб |
|-------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------|
| 1     | Теоретическая часть     | Профессор-1              | 12 000                          | 15                               | 15               | 10 350                |
|       |                         | Инженер-1                | 9 000                           | 15                               | 15               | 7 760                 |
| 2     | Экспериментальная часть | Лаборант-1               | 7 000                           | 15                               | 35               | 14 090                |
| Итого |                         |                          |                                 |                                  |                  | 32 200                |

Общая смета затрат на проведение научно-исследовательской работы  
Подсчитав все затраты, составим общую смету затрат на проведение НИР. Все данные сведем в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Смета затрат на проведение НИР

| №     | Наименование статьи затрат             | Сумма затрат, руб | Обоснование       |
|-------|--|-------------------|-------------------|
| 1     | Материальные затраты на проведение НИР | 292,58            | Таблица 4,1       |
| 2     | Затраты на электроэнергию              | 472,758           | Таблицы 4.2 и 3.3 |
| 3     | Затраты на зарплату                    | 32 200            | Таблица 5.5       |
| 4     | Единый социальный налог                | 8 372             | 26 % от ФЗП       |
| 5     | Амортизационные отчисления             | 252               | Таблица 6.4       |
| 6     | Накладные расходы                      | 3 220             | 10 % от ФЗП       |
| Итого |  |                   | 44 789,338        |

Учтены все основные затраты на проведение исследовательской работы.

Большую часть расходов составляют затраты на зарплату – 72 %.

Материальные затраты составляют менее 1 %. Действительно, в данной работе предлагается метод получения гранулята из недорогого сырья.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Перед выполнением работ были проведены инструктажи, изучены правила по технике безопасности при работе с химическими реактивами и правила оказания первой медицинской помощи.

### 5.1 Общая характеристика научно-исследовательской лаборатории

Размеры помещения 5×8 метров. Имеется два окна 2×2 метра, 1 раковина, 11 розеток 220 В, 1 розетка 380 В, 5 лабораторных столов, 3 письменных стола, 1 вытяжной шкаф и 2 вытяжки. Расположение учебного и лабораторного оборудования указано на рисунке 5.1.

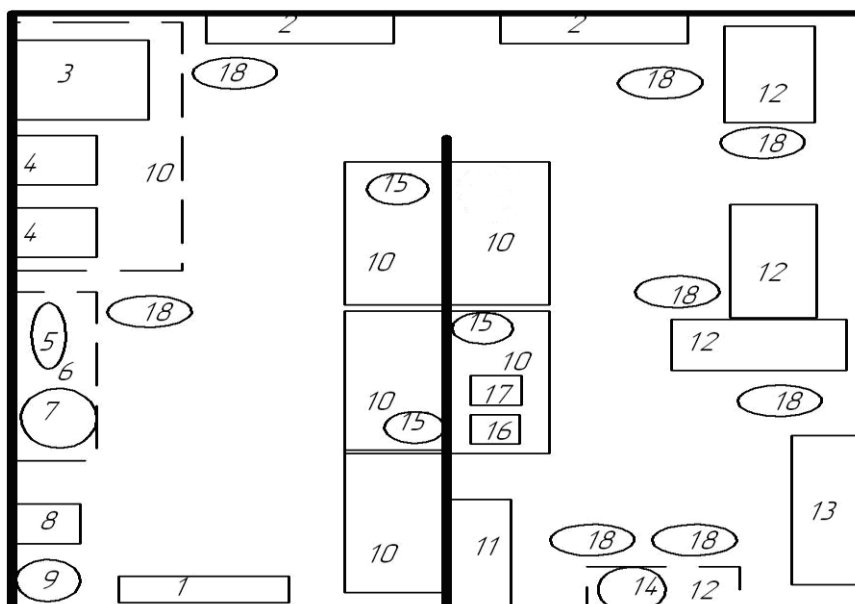


Рисунок 5.1 – Схема лаборатории:

1 – дверь; 2 – окно; 3 – сушильный шкаф; 4 – муфельная печь; 5 – плитка; 6 – вытяжной шкаф и вытяжка; 7 – мешалка; 8 – дистиллятор; 9 – раковина; 10 – стол кафельный с выдвижными полками; 11 – шифоньер для одежды; 12 – столы учебные; 13 – шкаф для химических реактивов; 14 – фотоколориметр; 15 – эксикатор; 16 – аналитические весы; 17 – весы технические электронные; 18 – стулья.

Помещение лаборатории оборудовано в соответствии с требованиями охраны труда, предъявляемым при работе с химическими веществами в лабораторных условиях.

## 5.2 Электробезопасность

Химическая лаборатория попадает под класс помещений повышенной опасности, так как в ней находится электрооборудование, создающее потенциальную электроопасность: сушильный шкаф, муфельная печь, фотоэлектроколориметр, технические и аналитические весы, электрические плиты.

Условиями возникновения электротравм являются: прикосновение к токоведущим частям печи, находящимся под напряжением (случайное или намеренное прикосновение к оголенным проводам, токоведущим частям);

нахождение вблизи места замыкания на землю (вблизи оборванного токоведущего провода, упавшего на землю или касающегося земли); прикосновение к металлическим предметам, случайно оказавшимся под напряжением.

Электробезопасность в лаборатории достигается применением следующих мероприятий в соответствии с ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»:

- изоляция, которая обеспечивает защиту от поражения электрическим током в случае прикосновения;
- электропечи имеют блокировку для автоматического снятия напряжения нагревательных элементов при открывании дверцы печи;
- щиты управления электропечей закрытого типа.
- защитное заземление для устранения опасности поражения током при появлении напряжения на корпусе отпускной печи в соответствии с ГОСТ 12.030–81 (2001) «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

Подсоединение приборов к сети соответствует ГОСТ 12.1.038-82 (2001) «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

В таблице 5.2 приведен предельно допустимый ток через человека и предельно допустимое напряжение на человека при нормальном режиме электроустановок.

Таблица 5.2 – Предельно допустимые значения тока и напряжения

| Предельно допустимые значения | При постоянном токе | При переменном токе |     |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----|
|                               |                     | Частота, Гц         |     |
| Токов, мА                     | 1                   | 0,3                 | 0,4 |
| Напряжения, В                 | 8                   | 2,0                 | 3,0 |



Электроустановки, находящиеся в лаборатории, удовлетворяют нормам на допустимые токи и напряжения и соответствуют ГОСТ 12.030–81 (2001) «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

5.3 Общие требования охраны труда при работе в химической лаборатории.

К работе в лаборатории допускаются лица, прошедшие обучение по технике безопасности, противопожарной опасности, электробезопасности.

Запрещается загромождать доступ к выходу, вентиляции, щитам управления.

При несчастном случае пострадавший или очевидец должен выполнить действия следующего характера:

- оказать первую медицинскую помощь пострадавшему и его доставку в медицинское учреждение;
- сообщить о случившемся руководителю лаборатории;
- сохранить обстановку рабочего места и состояние оборудования таким, каким они были в момент происшествия, если это не опасно для жизни.

5.4 Анализ вредных и опасных факторов связанных с проведением научно-исследовательской работы.

Большая часть экспериментальной работы была проведена в лаборатории №231 лабораторного корпуса.

При проведении данной дипломной научно-исследовательской работы выполняются следующие операции: определение гранулометрического состава сухим рассевом, определение зольности, определение содержания летучих веществ, определение влажности и кинетики сушки, определение содержания серы, определение истинной плотности, получение гранул карбюратора (нагрев веществ в сушильном шкафу, смешивание и гранулирование), определение устойчивости связующего в водной среде, определение устойчивости связующего при температуре.

В данной дипломной научно-исследовательской работе используется следующее электрооборудование: муфельная печь –  $t = 860\text{ }^{\circ}\text{C}$ , сушильный

шкаф

—

$t = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ , электроплитка.

При работе с муфельной печью необходимо включать вытяжку.

В лаборатории не проводятся измерения освещенности, показателя ослепленности, коэффициента пульсации освещенности, относительной влажности воздуха, характеристик шума, постоянного магнитного поля, электромагнитного поля и др.

В ходе анализа выявлены следующие опасные и вредные факторы:

Опасные:

- электрический ток;
- пожароопасность.

Вредные:

- шум от вытяжки
- повышенная температура поверхностей оборудования;
- инфракрасная радиация при работе с муфельной печью;
- недостаток естественного света
- микроклимат.

#### 5.5 Пожарная безопасность.

Основные причины пожара: нарушение эксплуатации электрооборудования, короткое замыкание.

В соответствии со СНиП 21–07–97 «Классификация зданий по степени огнестойкости, конструктивной и функциональной пожарной опасности» лаборатория относится к пожароопасной категории «Г», то есть в этом помещении находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в горячем состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты и искр. Для обеспечения пожарной безопасности должны быть приняты следующие меры:

- поддержание в исправном состоянии оборудования, измерительных электроприборов, электропроводки, приточно-вытяжной вентиляции;
- пожарная сигнализация;

– пожарный инвентарь (пожарные гидранты и пожарный ручной инструмент, ящики с песком, углекислотные огнетушители, лопаты, ведра, багры).

При эксплуатации электроустановок должны выполняться следующие требования:

1 Монтаж и эксплуатацию электроустановок и электротехнических изделий необходимо осуществлять в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

2 Электроустановки и бытовые электроприборы в помещениях, в которых по окончании рабочего времени отсутствует дежурный персонал, должны быть обесточены. Под напряжением должны оставаться дежурное освещение, установки пожаротушения и противопожарного водоснабжения, пожарная и охранно-пожарная сигнализация. Другие электроустановки и электротехнические изделия могут оставаться под напряжением, если это обусловлено их функциональным назначением и (или) предусмотрено требованиями инструкции по эксплуатации.

3. При эксплуатации действующих электроустановок запрещается:

– использовать приемники электрической энергии в условиях не соответствующих требованиям инструкций предприятий-изготовителей или имеющие неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;

– пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими электроустановочными изделиями;

– применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы, использовать некалиброванные плавкие вставки или другие самодельные аппараты защиты от перегрузки и короткого замыкания;

– размещать (складировать) у электрощитов, электродвигателей и пусковой аппаратуры горючие (в том числе легковоспламеняющиеся) вещества и материалы.

4. Запрещается эксплуатация электронагревательных приборов при отсутствии или неисправности терморегуляторов, предусмотренных конструкцией.

5 Отверстия в местах пересечения электрических проводов и кабелей (проложенных впервые или взамен существующих) с противопожарными преградами в зданиях и сооружениях должны быть заделаны огнестойким материалом до включения электросети под напряжение.

6. При эксплуатации электрических сетей зданий и сооружений с периодичностью не реже одного раза в три года должен проводиться замер сопротивления изоляции токоведущих частей силового и осветительного оборудования, результаты замера оформляются соответствующим актом (протоколом).

В лаборатории имеются следующие средства пожаротушения:

- огнетушитель ОП - 10;
- просеянный песок;
- асбестовое волокно.

Лаборатория снабжена медицинской аптечкой со средствами для оказания помощи при несчастных случаях.

#### Выводы по главе 5

Проведен анализ опасных и вредных факторов рабочей зоны лаборатории, определены нормативные параметры условий труда. Определено соответствие лаборатории требованиям электробезопасности и пожарной безопасности.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Выполнены литературный обзор и экспериментальные работы по опробованию гранулирования циклонную пыли, отобранной на участке дробления и размола термоантрацита, методами окатывания, протирания через сито; прессования выдавливанием и в глухую матрицу. В качестве связующего опробованы натриевое жидкое стекло, жидкий и сухой бакелит.

2. Показано, что требуемое количество жидкого стекла при окатывании составило 30 %; при протирании через сито – 35 %. Выход гранул размерами более 5,5 мм при окатывании 70 %; при протирании через сито 62 %. Снижение количества связующего приводит к уменьшению размера гранул. Гранулы на жидком стекле нерастворимы в воле.

Зольность гранул 27,4–30,9 %, против 23,0±1,1 в исходной пыли.

Жидкое стекло не рекомендуется в качестве связующего для гранулирования циклонной термоантрацитовой пыли.

3. Опробованы в качестве связующего жидкий (31 %) и сухой (23–28,5 %) бакелит при прессовании массы выдавливанием через фильтры диаметром 6 мм. Разработана методика подготовки массы с добавлением воды.

Выход гранул размерами более 5,5 мм – 94–96,8 %. Установлено, что зольность гранул на жидком (14,5 %) и сухом (17,2–17,7 %) Bakelite меньше зольности исходной пыли 23,0 %.

4. Методом прессования в глухую матрицу пресс-порошка с варьированием количества сухого бакелита от 3,2 до 16,7 % и давления прессования показано, что максимальная прочность достигается для образцов с 6,2–11,8 % связующего при давлении 10,0 МПа. Наименьшие значения прочности у образцов, полученных при давлении 5,0 МПа, к повышению прочности приводит увеличение количества связующего.

5. Рекомендовано связующее вводить порционно с последующим смешиванием после каждой порции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии).- М., Химия, 1982.- 272с., ил.
2. П. В. Классен, И. Г. Гришаев, И. П. Шомин. Гранулирование – М.,: Химия, 1991.- 240 с.,: ил.
3. Вилесов Н. Г., Схрипко В. Я., Ломазов В. Л., Танченко И. М., Процессы гранулирования в промышленности. “Техника”, 1976, 192с.
4. Каргин, В.А. Краткие очерки физико-химии полимеров / В.А. Каргин, Г.Л. Слонимский. – М.: Химия, 1967. – 254 с.
5. <http://www.ximuk.ru/encyklopedia/1143.html>
6. Классификация, учет и использование вторичных материалов ресурсов в электродном производстве/ В.Г Зеленский , Л.А. Шкатов и др// Тезисы докладов и сообщений всесоюзной научно- технической конференции электродного производства “ Повышения качества и эксплуатации стойкости углеродной продукции. 1983г.
7. Ухов .О.А. Получение брикетированного связующего и регулирование физико-химических свойств формованного топлива-восстановителя: автореферат дис. Канд. Техн. Наук/ О.А.Ухов. 1983г.
8. ГОСТ Р 55661-2013 (ИСО 1171:2010) Топливо твердое минеральное. Определение зольности (с Изменением N 1). – М.: Стандартинформ, 2013
9. ГОСТ 22898-78. Коксы нефтяные малосернистые. П.4.4 Определение действительной плотности
10. ГОСТ Р 55660—2013 Топливо твердое минеральное. Определение выхода летучих веществ. – М.: Стандартинформ, 2013

