

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.

Определение количества и состава паровоздушных выбросов
коксохимического производства

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–18.03.01.2020.017.06.00 ПЗ ВКР

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

Б.Ш. Дыскина

2020 г.

Автор работы,
студент группы ЕТ-433

Е.О. Гакшта

2020 г.

Нормоконтролер, доцент кафедры,
с.н.с., к.х.н.

К.Р. Смолякова

2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Гакшта Е.О. Определение количества и состава паровоздушных выбросов коксохимического производства. – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-433, 2020. – 51с., 4 ил., 11 табл., библиогр.список – 28 наименований.

Выпускная квалификационная работа выполнена с целью определения количества и состава паровоздушных выбросов коксохимического производства. В выпускной квалификационной работе разработаны и реализованы методы расчета выбросов цеха смолопереработки и произведен расчет основных параметров оборудования для уменьшения количества паровоздушных выбросов.

Описаны вредные факторы переработки продуктов коксования, мероприятия по обеспечению охраны труда и безопасных условий жизнедеятельности, а также выполнен расчет объёмов предотвращённых выбросов в атмосферу.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	6
1.1. КОКСОХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО.....	6
1.2. СМОЛОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕХ	10
1.3. ФРАКЦИИ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ	14
1.4 ВЫБРОСЫ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	23
2 МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА ПАРОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ ВОЗДУШНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ.....	27
3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	32
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	41
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение воздуха уже давно признано одной из главных проблем, затрагивающих все города мира. Моисей Маймонед был известным юристом и врачом, который родился в Испании и путешествовал по миру. Там он писал о качестве воздуха в городах, где сжигание древесины использовалось в качестве источника энергии [1]:

«Сравнивать воздух городов с воздухом пустынь и засушливых земель – это все равно, что сравнивать загрязненные и мутные воды с тонкими и чистыми водами. В городе из-за высоты его зданий, узости его улиц и всего, что вытекает из его жителей и их излишков, воздух становится застойным, мутным, густым, туманным.»

Уже к 16 веку уголь с высоким содержанием серы сжигался во многих европейских городах. Тогда же был написан один из первых текстов о загрязнении воздуха, которое мучило Лондон в то время и продолжало делать это в 20-м веке [16].

В России в настоящее время вопрос о загрязнении воздуха становится все серьезнее. Федеральный проект «Чистый воздух», являющийся частью национального проекта «Экология», утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16). Проект несет в себе основную задачу «реализации комплексных планов мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в крупных промышленных центрах, включая города Братск, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец и Читы» [1, с. 15]. Одной из целей данного проекта является снижение совокупного объема выбросов за расчетный год на 22% [2].

Целью данной работы является определение количества и состава паровоздушных выбросов коксохимического производства, а также расчёт

основных параметров необходимого для снижения выбросов оборудования в отделении пекоподготовки завода города Челябинска.

Для реализации цели поставлены следующие задачи:

1. изучить устройство и принцип работы смолоперерабатывающего цеха;
2. рассчитать количество и определить состав паровоздушных выбросов;
3. рассчитать основные параметры необходимого для снижения выбросов оборудования.

Новизна данной работы заключается в том, что данные, полученные при расчете, могут использоваться для реализации в целях улучшения экологии в рамках федерального проекта «Чистый воздух».

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, обсуждения результатов, заключения, библиографического списка и приложения.

Во введении обосновываются актуальность и новизна выбранной темы, формулируется цель и задачи исследования.

Литературный обзор посвящен видам и характеристике выбросов, устройству коксохимического производства, в особенности – смолоперерабатывающему цеху, основным фракциям, получаемым при ректификации каменноугольной смолы, выбросам коксохимического производства.

В экспериментальной части приводится методика расчета количества и состава паровоздушных выбросов по складу смолы.

Обсуждение результатов включает в себя анализ результатов расчёта количества и состава паровоздушных выбросов и методов их уменьшения.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Коксохимическое производство

Кокс – продукт, получаемый при термической обработке угля при высоких температурах. В 1709 году Авраам Дарби обнаружил, что кокс является отличным восстановителем в производстве железа. Природный уголь не может быть использован для этой цели из-за дыма от горения. Это было одно из ключевых открытий, позволивших начать промышленную революцию. Процесс коксования снизил стоимость производства чугуна и стали. Примитивные угольные кучи постепенно вытеснялись печами различной конструкции. Авраам Дарби I основал доменную печь на коксе для производства чугуна. Превосходная прочность кокса на раздавливание позволила доменным печам стать выше и больше. Последовавшая за этим доступность недорогого железа была одним из факторов, приведших к промышленной революции. До этого времени при производстве железа использовалось большое количество древесного угля, получаемого при сжигании древесины

В 1768 году Джон Уилкинсон построил более практичную печь для превращения угля в кокс. Уилкинсон улучшил процесс, выставив кучу угля вокруг низкого центрального дымохода, построенного из рыхлого кирпича с отверстиями для входа газов сгорания, что приводило к более высокому выходу качественного кокса. С повышением квалификации в увольнении, покрытии и гашении куч, урожайность увеличилась примерно с 33% до 65% к середине 19-го века. В 1940 году был разработан базовый прототип современных коксовых печей. Печи имели длину около 12 м, высоту 4 м, ширину 0,5 м, с дверцами с обеих сторон. Восстановление отработанного тепла позволило повысить температуру и увеличить скорость карбонизации. С 1940 года процесс был механизирован, и строительные материалы улучшились. Настоящие системы могут включать в себя печи с размерами до 20 м в длину и 8 м в высоту.

Металлургический кокс получают термической обработкой угля в коксовых печах. Подготовленный уголь "коксуется" или нагревается в бескислородной атмосфере до тех пор, пока все летучие компоненты в угле не испарятся. Оставшийся материал называется коксом.

Большая часть металлургического кокса используется в процессах черной металлургии, таких как доменные печи, агломерационные заводы и литейные заводы для восстановления железной руды до железа. Более 90 процентов от общего объема производства металлургического кокса приходится на работу доменной печи. Большинство коксохимических заводов расположены рядом с предприятиями по производству чугуна и стали. Спрос на кокс зависит от металлургической промышленности. Весь металлургический кокс производится методом «побочного продукта». Коксование угля происходит в коксовых печах. Каждая печь имеет 3 основные части: камеры коксования, камеры нагрева и регенеративные камеры. Все камеры облицованы огнеупорным (кварцевым) кирпичом. Камера коксования имеет порты в верхней части для загрузки угля.

Коксовая батарея представляет собой серию от 10 до 100 коксовых печей, работающих вместе. Каждая печь содержит от 10 до 35 тонн угля. Отводящие дымоходы с обоих концов удаляют образующиеся газы. Тепло процесса происходит от сгорания газов между камерами кокса. Отдельные коксовые печи работают с перерывами, причем время работы каждой печи согласовано для обеспечения постоянного потока собираемого газа. Примерно 40% очищенного печного газа (после удаления его побочных продуктов) используется для нагрева коксовых печей. Остальное либо используется в других процессах, связанных с производством стали, либо продается. Коксовый газ является наиболее распространенным топливом при сжигании коксовых печей.

Производство кокса включает в себя подготовку, загрузку и нагрев угля; удаление и охлаждение коксового продукта; а также охлаждение, очистку и рециркуляцию печного газа. Уголь готовят для коксования путем

измельчения таким образом, чтобы от 80 до 90 процентов проходило через экран. Несколько типов угля могут быть смешаны для получения желаемых свойств или для контроля расширения угольной смеси в печи. Вода или масло могут быть добавлены для регулировки плотности угля, чтобы контролировать расширение и предотвратить повреждение печи.

Уголь можно добавлять в печи в сухом или влажном состоянии. Подготовленный влажный уголь мелко измельчается перед загрузкой в печь. Сушеный уголь может транспортироваться непосредственно в печи горячими газами, используемыми для удаления влаги. Температура стен должна оставаться выше 1100 °С во время операций загрузки и фактического коксования. Порты закрываются после зарядки и герметизируются замачивающим («грязевым») материалом [27].

Смешанную угольную массу нагревают в течение 12–20 часов для получения металлургического кокса. Тепловая энергия от стенок коксовой камеры нагревает угольную массу за счет теплопроводности от сторон к середине коксовой камеры. В процессе коксования заряд находится в непосредственном контакте с нагретыми поверхностями стенок и превращается в совокупную «пластическую зону». По мере поглощения дополнительной тепловой энергии пластическая зона сгущается и сливается к середине заряда. Летучие газы выходят перед развивающейся зоной из-за тепловыделения от боковых стенок. Максимальная температура, достигаемая в центре коксовой массы, обычно составляет от 1100 до 1150 °С. Это отгоняет все летучие вещества из угольной массы и образует высококачественный металлургический кокс. После завершения коксования (летучих веществ не осталось), кокс в камере готов к удалению. Двери с обеих сторон камеры открыты, и в камеру вставлен таран. Кокс выталкивается из печи менее чем за 1 минуту, через направляющую для кокса и в закалочную машину. После того, как кокс выталкивается из печи, дверцы очищаются и перемещаются. После этого печь готова принять еще один заряд угля. Охлаждающая машина, несущая горячий кокс,

движется вдоль дорожек батареи к башне для закалки, где приблизительно 1130 литров воды на 1 кг кокса распыляется на массу кокса, чтобы охладить его примерно от 1100 до 80 °С и предотвратить его воспламенение. Машина для закалки может полагаться на подвижный контейнер для сбора выбросов твердых частиц, или к ней может быть прикреплен скруббер. Затем машина выгружает кокс на пристань, чтобы слить и продолжить охлаждение. Ворота на пристани открываются, чтобы позволить коксу падать на конвейер, который доставляет его на станцию дробления и сортировки. После калибровки кокс направляется в доменную печь или на склад. Основное назначение современных коксовых печей – производство качественного кокса для металлургической промышленности. Извлечение угольных химикатов является экономической необходимостью, поскольку они составляют примерно 35 процентов от стоимости угля. Для производства качественного металлургического кокса используется высокотемпературный процесс карбонизации. Высокотемпературная карбонизация, которая происходит при температуре выше 900 °С включает химическое превращение угля в газообразный продукт. Газообразные продукты высокотемпературной карбонизации состоят из водорода, метана, этилена, оксида углерода, диоксида углерода, сероводорода, аммиака и азота. Жидкие продукты включают воду, смолу и сырую легкую нефть. Процесс коксования дает приблизительно 338 000 л коксового газа. Во время цикла коксования летучие вещества, выталкиваемые из угольной массы, проходят вверх через чугунные «гусиные шеи» в общую горизонтальную стальную трубу (называемую коллекторной магистралью), которая соединяет все печи последовательно. Этот неочищенный «грязный» газ содержит водяной пар, смолу, легкие масла, твердые частицы угольной пыли, тяжелые углеводороды и сложные углеродные соединения. Конденсируемые материалы удаляются из отработанного газа для получения очищенного коксового газа. Когда он выходит из коксовой камеры, угольный газ коксовой печи сначала очищается слабой струей аммиака, которая

конденсирует некоторое количество смолы и аммиака из газа. Этот жидкий конденсат стекает по сборной магистрали, пока не достигнет отстойника. Собранный аммиак используется в слабом аммиачном распылителе, а оставшая часть перекачивается до аммиака. Собранная каменноугольная смола перекачивается в резервуар-хранилище и подается дистилляторам смолы или используется в качестве топлива. Оставшийся газ охлаждается, когда он проходит через конденсатор, а затем сжимается вытяжкой. Любая оставшаяся каменноугольная смола удаляется с помощью экстрактора гудрона путем попадания на металлическую поверхность или сбора электростатическим осадителем. В газе по-прежнему содержится 75 процентов исходного аммиака и 95 процентов исходного светлого масла. Аммиак удаляется при прохождении газа через сатуратор, содержащий от 5 до 10 процентов раствора серной кислоты. В сатураторе аммиак реагирует с серной кислотой с образованием сульфата аммония. Затем сульфат аммония кристаллизуется и удаляется. Газ дополнительно охлаждается, что приводит к конденсации нафталина. Легкие масла удаляются в абсорбционной колонне, содержащей воду, смешанную с «соломенным маслом» (тяжелая фракция нефти). Последним этапом очистки является удаление сероводорода из газовой смеси. Обычно это делается в скрубберной башне, содержащей раствор этаноламина (гирботол), хотя в прошлом использовались несколько других методов. Чистый угольный газ коксовой печи используется в качестве топлива для коксовых печей, других процессов сжигания на заводе или продается.

1.2. Смолоперерабатывающий цех

Смолоперерабатывающий цех является частью коксохимического завода. В этом цеху происходит переработка каменноугольной смолы. Высокотемпературная каменноугольная смола, являясь продуктом глубокого термического превращения первичных продуктов пиролиза топлива, состоит из термодинамически наиболее стабильных соединений. Поэтому

высокотемпературные смолы содержат лишь незначительные количества парафиновых и циклоалкановых углеводородов, а также ароматических углеводородов с длинными боковыми цепями. Невелико в высокотемпературных каменноугольных смолах и содержание соединений с функциональными группами, в частности фенолов. Выход смолы составляет примерно 3,5 % от продуктов коксования угля. Выход и состав каменноугольной смолы зависят от состава угольной шихты и условий ее коксования. С углублением степени пиролиза первичных продуктов коксования возрастают плотность каменноугольной смолы, содержание в ней нафталина, нерастворимых в толуоле и хинолине веществ, увеличивается выход пека каменноугольного. Наряду с этим снижаются выходы фенолов, низкокипящих масел, метилнафталинов и других углеводородов. Каменноугольная смола содержит эмульгированную воду, которая конденсируется вместе с ней из коксового газа. В воде растворены соли аммония: NH_4Cl , NH_4SCN , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, а также CO_2 , H_2S и другие газообразные вещества. В каменноугольной смоле имеются также нерастворимые в ней углеродистые вещества – фусы, представляющие собой основную часть зольного остатка [20].

Переработка смолы включает в себя несколько стадий: подготовка смолы к переработке, окончательное обезвоживание, ректификация, переработка фракций, полученных при ректификации, химическая очистка фракций и масел от фенолов и пиридиновых оснований, обработка среднетемпературного пека и его коксование, получение очищенного нафталина, антрацена и других продуктов. В состав цеха входят отделения дистилляции, в которых обезвоживают смолу и получают ее отдельные фракции и каменноугольный пек, а также отделение кристаллизации, в котором получают каменноугольные масла и кристаллические продукты (нафталин, антрацен), установки для гранулирования пека и получения электродного пека, склады и погрузочные устройства для хранения и погрузки кристаллических продуктов и различных видов пека, а также масел,

фенолов. Обычно в смолоперерабатывающий цех входит отделение биохимической очистки сточных вод.

В смолоперерабатывающие цехи смола поступает с высоким содержанием влаги и золы. Такая смола не может непосредственно поступать на ректификацию и требует дополнительной обработки (очистки от воды, золы и растворенных в ней солей). Подготовка смолы к ректификации включает следующие технологические операции: прием и хранение смолы, усреднение ее состава, обезвоживание, обессоливание и обеззоливание [3].

Для приема и хранения каменноугольной смолы в смолоперерабатывающих цехах создаются склады.

Пребывающие смола и сольвент-нафта разгружаются в специальные подземные хранилища, а затем перекачиваются в наземные хранилища смолы. В зимнее время смолу в цистернах разогревают ларом (острым или глухим).

Процесс обезвоживания смолы имеет очень важное значение в процессе переработки смол, так как повышенное содержание влаги в смоле на 1% увеличивает до 5% расход топлив в аппаратах и охлаждающей их воды. Перед процессом обезвоживания смола подвергается отстаиванию при повышенной температуре (до 75°C) и за счет этого достигается содержание в смоле влаги до 4%. Одновременно с процессом обезвоживания происходит процесс обеззоливания, в ходе которого в виде фусов отделяется до 70% зольных примесей. При этом можно повысить эффективность процесса обезвоживания, если использовать центрифугирование смолы или проводить процесс при повышенном давлении. Это позволит снизить содержание влаги в смоле до 0,5–1%. Остальное количество влаги испаряется за счет снятия тепла перегрева при понижении давления до атмосферного. После этого, смола собирается в сборник емкостью до 500 м³, к которому крепится змеевик для поддержания температуры на заданном уровне. По мере необходимости смола перекачивается насосами из сборников в аппараты для дистилляции.

Дистилляцию (ректификацию) каменноугольной смолы проводят, чтобы получить такие компоненты, как нафталин и антрацен. Для дистилляции каменноугольной смолы применяются следующие периодические схемы: без использования тепла пародестиллата; с использованием тепла пародестиллата и с использованием тепла пародестиллата, отходящих дымовых газов и пека [7].

Первая схема встречается на старых коксохимических заводах. С теплотехнической точки зрения она несовершенна, так как все подведенное под куб тепло теряется безвозвратно. Вторая схема более совершенна, позволяя сэкономить 25–28% от общего тепла, затрачиваемого на разгонку смолы. Третья схема выгодно отличается от первых двух использованием тепла пародестиллата и отходящих газов, что дает экономию до 50–54% от общего количества тепла, расходуемого на дистилляцию. Последняя схема сокращает продолжительность дистилляции, так как обезвоживание смолы происходит одновременно с отбором фракций, и смола поступает в куб с влажностью 0,5–1%. Сокращение времени пребывания в аппаратуре уменьшает количество продуктов крекинга в кубе.

Перспективны одноколонные вакуумные системы с отпарными колоннами для отбора фракций, одноколонные системы с применением в качестве теплоносителя пека и системы с двустадийной обработкой при высоких температуре и давлении (выход пека до 75%). Переработка каменноугольной смолы состоит в разделении ее на фракции ректификацией с последующей кристаллизацией, экстракцией и повторной ректификацией полученных фракций. Процесс осуществляют на установках непрерывного действия с подогревом каменноугольной смолы до 380–400 °С в трубчатых печах высокой производительности (100–200 тыс. т/год) и разделением на фракции в мощных ректификационных колоннах [5].

На рисунке 1 представлена многоколонная атмосферно-вакуумная ректификация каменноугольной смолы, используемая на коксохимическом заводе.

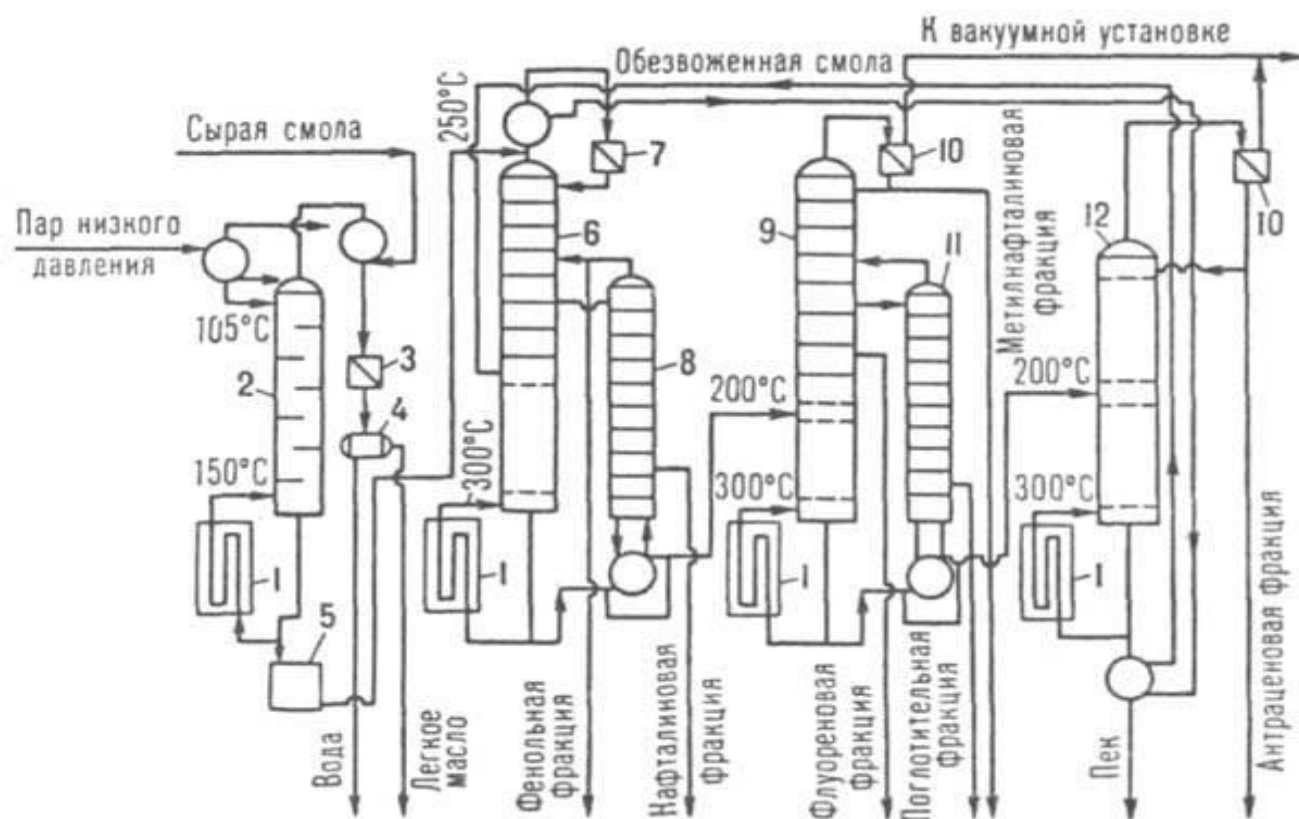


Рис 1. Многоколонная атмосферно-вакуумная ректификация каменноугольной смолы:

- 1 - трубчатые печи; 2, 5 - соотв. колонна для обезвоживания смол и ее хранилище;
 3 - холодильник; 4 - сепаратор; 6, 8, 9, 11, 12 - колонны соотв. для фенольной,
 нафталиновой, метилнафталиновой, поглотительной и антраценовой фракций;
 7 - конденсатор; 10 - конденсатор-парогенератор [10].

1.3 Фракции каменноугольной смолы

Из всех содержащихся в каменноугольной смоле индивидуальных веществ наибольший интерес представляет нафталин. Поэтому при ректификации каменноугольной смолы необходимо обеспечить возможно более полное его выделение при одновременном получении остальных продуктов высокого качества, особенно электродного пека и поглотительного масла [24].

Примерный выход и состав фракций, полученных при ректификации каменноугольной смолы на двухколонном атмосферном агрегате одного из коксохимических заводов, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Примерный выход (в %) и состав фракций, полученных при ректификации каменноугольной смолы на двухколонном атмосферном агрегате.

Легкое масло	0,5
Фенол, крезолы, ксиленолы	1,6
Основания из фенольной, нафталиновой и поглотительной фракций	0,7
Сырой антрацен	2,2
Тяжелый сольвент	0,8
Прессованный нафталин	6,5
Поглотительное масло для улавливания бензола	3,5
Технические масла	32,2
Пек	52,0

Все фракции, полученные при ректификации смолы, являются важными компонентами, которые используются в дальнейшем на производстве.

Нафталиновая фракция. В процессе ректификации смолы в нафталиновую фракцию переходят вещества, выкипающие в пределах от 210 °С до 230 °С. Способы выделения нафталина из фракции определяются требованиями потребителей к качеству продукта и экономичности процесса. На коксохимических заводах применяют два способа переработки:

1) кристаллизация с последующим механическим разделением твердой и жидкой фаз прессованием с получением технического прессованного нафталина;

2) получение дистиллированного нафталина с использованием химической очистки нафталиновой фракции и последующей ее ректификации [8].

Содержание примесей в техническом или дистиллированном нафталине обуславливается свойствами и поведением примесей в процессе кристаллизации фракции, химической очисткой и ректификацией очищенной фракции при получении дистиллированного нафталина. При переработке нафталиновой фракции кристаллизацией и прессованием такие примеси как тионафтен, инден, индол, хинолин, изохинолин и другие образуют с нафталином смешанные кристаллы, то есть вместе с нафталином переходят в твердую фазу и при прессовании не отделяются и загрязняют окончательный продукт (прессованный нафталин).

Нафталин – белый, летучий, твердый полициклический углеводород с сильным химическим запахом, со структурной формулой, представленной на рисунке 1.

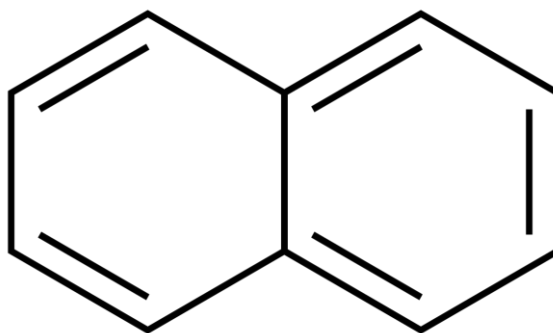


Рисунок 1. Молекула нафталина

Это самое простое из циклических углеводородных соединений, состоящее из двух бензольных колец, имеющих два общих атома углерода, химическая формула нафталина $C_{10}H_8$. Это важное углеводородное сырье, которое приводит к появлению множества продуктов замещения, используемых при производстве красителей и синтетических смол. Нафталин является наиболее распространенным компонентом каменноугольной смолы, летучим продуктом коксования угля, а также образуется в современных процессах высокотемпературного крекинга (распада больших молекул) нефти. Он коммерчески производится путем кристаллизации из промежуточной фракции конденсированной каменноугольной смолы и из более тяжелой фракции крекинг-нефти. Вещество кристаллизуется в блестящих белых пластинах, плавится при $80,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и кипит при $218\text{ }^{\circ}\text{C}$. Он практически нерастворим в воде. Нафталин очень летучий и имеет характерный запах [18].

В своем химическом поведении нафталин проявляет ароматический характер, связанный с бензолом и его простыми производными. Его реакции в основном представляют собой реакции замещения атомов водорода атомами галогенов, нитрогрупп, групп сульфоновой кислоты и алкильных групп [25]. Большие количества нафталина превращают в нафтиламины и нафтолы для использования в качестве красителей. На протяжении многих лет нафталин был основным сырьем для получения

фталевого ангидрида. Воздействие нафталина на человека связано с гемолитической анемией, повреждениями печени и нервной системы, катаракты и кровоизлияния сетчатки. Предполагается, что нафталин является канцерогеном для человека.

Другие примеси образуют с нафталином эвтектические смеси при температуре от 25 °С до 600 °С и в виде пленки удерживаются на поверхности кристаллов нафталина. Эти примеси выделяются из нафталина прессованием. В производстве дистиллированного нафталина используются два процесса: 1) химическая очистка нафталиновой фракции концентрированной серной кислотой с последующей промывкой щелочью; 2) ректификация очищенной фракции. Чистый нафталин является продуктом дальнейшей переработки технического прессованного нафталина или концентрированной нафталиновой фракции. На отечественных коксохимических заводах получение очищенного нафталина осуществляется методом ректификации и сублимации. Наличие в техническом нафталине и нафталиновой фракции различных примесей: сернистых и непредельных соединений, фенолов, оснований, насыщенных углеводородов, способных образовывать с нафталином смешанные кристаллы, азеотропные смеси, комплексные соединения не позволяют получить глубокоочищенный нафталин только путем ректификации [26]. Поэтому технология очистки нафталина от примесей сочетает химические процессы и ректификацию. Цель такой очистки заключается в получении продукта, содержащего не менее 99 % масс. нафталина. В качестве реагентов для химической очистки нафталина применяют серную кислоту, формалин, хлористый алюминий, металлический натрий, хлор, водород и др. Так как наиболее трудноудаляемой примесью является тионафтен, то для его выделения выбирается реагент, отличающийся достаточной избирательностью к последнему. В промышленности наибольшее применение получили сернокислотный и формальдегидный методы [11]. Очистка технического нафталина (или нафталиновой фракции) сернокислотным методом основана

на различии в скорости сульфирования нафталина и тионафтена с помощью 94%-ной серной кислоты с образованием тионафтена и нафталинсульфокислот.

На схеме 2 представлено получение нафталина из каменноугольной смолы по двухколонной схеме.

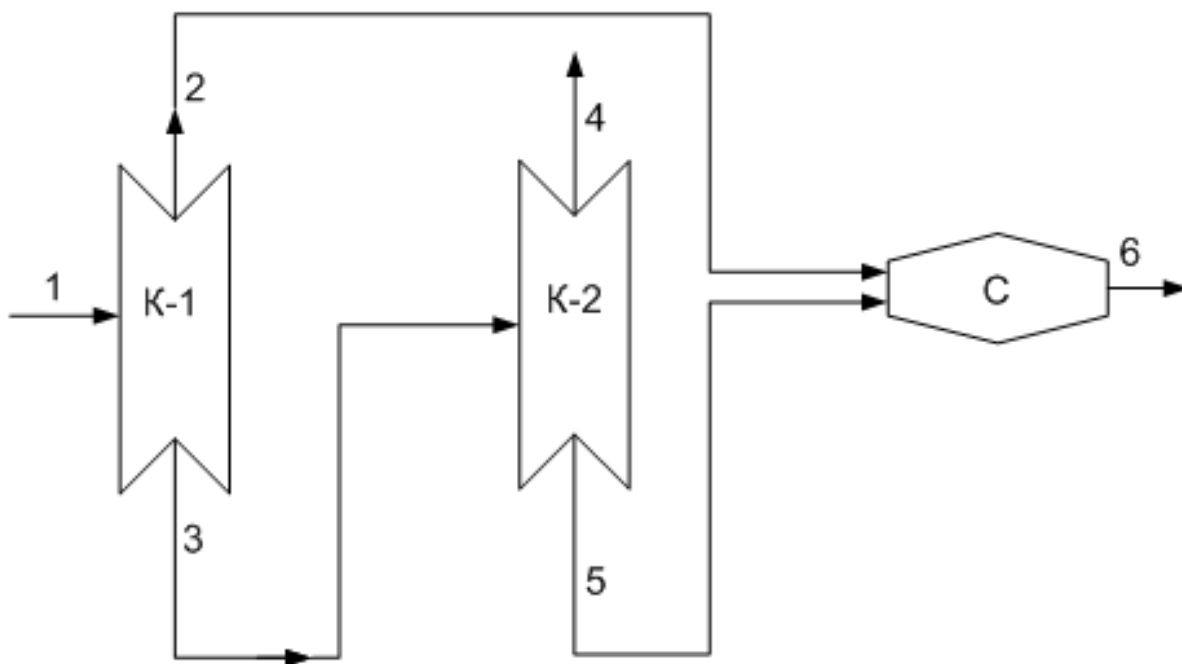


Схема 2. Получение нафталина из каменноугольной смолы по двухколонной схеме: К-1 – колонна выделения легких продуктов; К-2 – колонна выделения товарной нафталиновой фракции; С – смеситель; 1 – исходная фракция каменноугольной смолы; 2 – легкие углеводороды; 3 – нафталин, частично укрепленный; 4 – товарная нафталиновая фракция; 5 – тяжелые углеводороды; 6 – масло[19].

Антрацен, также называемый паранафталин или зеленое масло, твердый полициклический ароматический углеводород (ПАУ), состоящий из трех бензольных колец, полученных из каменноугольной смолы, является самым простым трициклическим ароматическим углеводородом. Он имеет кристаллическую структуру и бледно-желтый цвет. Обладает слабым ароматическим запахом. Это горючее твердое вещество.

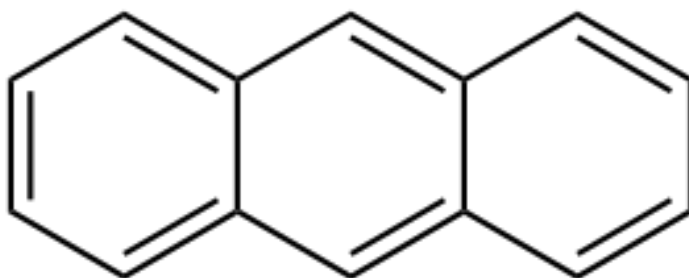


Схема 3. Молекула антрацена.

Он находится в списке приоритетных загрязнителей ЕРА. Он повсеместно распространен в окружающей среде как продукт неполного сгорания ископаемого топлива. Выявлен в поверхностных и питьевых водах, воздухе, выбросах выхлопных газов, дым сигарет. Он в основном используется в качестве промежуточного продукта в производстве красителей и органических полупроводников. Длительное воздействие вызывает множество местных и системных побочных реакций, таких как бронхит раздражение глаз и кожи. Является сильным канцерогеном.

Пек каменноугольный, твердый продукт переработки каменноугольной смолы (выход 50-60% по массе). Однородное по внешнему виду, термопластичное вещество черного цвета с блестящим раковистым изломом. В таблице 2 приведен элементный состав каменноугольного пека.

Таблица 2. Элементный состав (%) каменноугольного пека.

Углерод	92-93
Водород	4,3-4,7
Азот	1,7-1,8
Кислород	0,8-1,0
Сера	0,3-0,85

Плотность каменноугольного пека составляет 1,2-1,3 г/см³, зольность 0,2-0,3%. Не имеет определенных температур плавления и затвердевания и плавится в интервале, характеризуемом температурой размягчения. Различают каменноугольный пек среднетемпературный ($t_{\text{размягч.}}$ 65-90 °С; $t_{\text{всп.}}$ 200-250 °С; выход летучих веществ, образующихся при термическом

разложении 53-63%) и высокотемпературный ($t_{\text{размягч}}$ 135-150 °С; $t_{\text{всп.}}$ 360-400 °С; выход летучих веществ, образующихся при термическом разложении 43-54%). Повышение температуры размягчения достигается дистилляцией среднетемпературного каменноугольный пек с водяным паром или инертными газами и обработкой воздухом.

Для технологических целей наиболее важны, кроме плотности, следующие свойства каменноугольного пека: вязкость, поверхностное натяжение, смачиваемость, термостабильность, спекаемость, а также способность давать коксовый остаток. Для пеков с разными температурами размягчения эти свойства неодинаковы и существенно зависят от качества сырья и условий получения.

Основные компоненты каменноугольного пека: многоядерные конденсированные ароматические и гетероциклические соединения, продукты их полимеризации и поликонденсации. В каменноугольный пек идентифицировано около 500 соединений, в том числе, бензоантрацен, бензопирены. Перилен, бензофлуорены, флуорантен, нафтацен, хризен, бразан и алкилбразаны, трифенилен и др.

Из-за сложности хим. состава каменноугольный пек характеризуют обычно групповым составом его фракций, обладающих различной растворимостью в изооктане, толуоле и хинолине.

Различают:

1. α -фракцию, нерастворимую в толуоле;
2. β -фракцию, нерастворимую в изооктане;
3. γ -фракцию, растворимую во всех перечисленных растворителях.

В свою очередь, α -фракцию разделяют на нерастворимую в хинолине и толуоле (α_1) и растворимую в хинолине, но нерастворимую в толуоле (α_2). Пределы содержания α - и α_1 -фракций в разных марках каменноугольного пека регламентированы.

Каменноугольный пек представляют собой пространственно структурированные дисперсные системы. Для разных пеков дисперсная фаза,

характеризующая их спекаемость, имеет сравнительно близкие свойства и структуру, а дисперсионная среда, которой присущи пластические свойства, сильно различается.

Каменноугольный пек применяют для выработки кокса пекового (зольность не более 0,25-0,50%) и пека - связующего, используемых при получении анодной массы в производстве Al, электродов и электродных стержней, графитирующих изделий, углеграфитовых блоков и т.д.; для изготовления брикетированного угольного топлива. мягкой кровли, пековых пластмасс и лака для защиты от коррозии труб, резервуаров, металлоконструкций и др. [12]

Смешением каменноугольного пека, каменноугольных масел и высококипящих фракций каменноугольной. смолы получаю г т. наз. препарированные смолы. В отдельные сорта вводят пластификаторы (напр., нефтяные битумы) и наполнители (асбест, сланцевая, доломитовая, слюдяная или тальковая пыль). Эти смолы используют как пропиточные и покровные массы при изготовлении кровельных материалов и мастик. а также пековолокнистых труб; для пропитки картона, в производстве тальк-кожи; как компонент эпоксидно-каменноугольных эмалей для антикоррозионных покрытий; как горючие смеси для подсвечивания пламени в мартеновских печах; как сырье для изготовления смолодоломитовых конвертерных огнеупоров; смолы из смесей каменноугольный пек с антраценовым маслом (или антраценовой фракцией) и пековыми дистиллятами применяют в качестве дорожно-строительного материала и для изготовления аккумуляторных баков.

Пек каменноугольный - токсичный продукт; отравления и кожные поражения возможны при воздействии пыли и паров расплавленного продукта, при контакте с угольными брикетами; при выделении летучих соединений из анодов, изготовленных на основе пекового кокса, а также при его получении. ПДК для летучих соединений 0,5 мг/м³. Мировое производство более 8 млн. т/год (1987)[16].

1.4 Выбросы коксохимического производства и методы борьбы с ними

Коксохимические предприятия (КХП) России отличаются неблагоприятной экологической обстановкой, удельные выбросы в атмосферу составляют от 3 до 15 кг/т произведенного кокса. Газообразные выбросы коксохимии отличаются запыленностью, значительными объемами отходящих газов, многочисленностью источников, многообразием состава загрязняющих веществ, наличием полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в том числе канцерогенных веществ. Ранее считалось, что в коксохимической отрасли целесообразно очищать только выбросы пекового парка и установок окисления пека, но не выбросы воздушников емкостного оборудования смолоперерабатывающих цехов (СПЦ) и цехов химулавливания (ЦХУ). В настоящее время разработан ряд технологий каталитической и термической очистки выбросов производства пека. Для оценки степени опасности производства все чаще используется расчет экологических рисков - прогнозируемый ущерб экосистеме в результате наступления события, влекущего за собой негативное воздействие источника экологической опасности.

В результате переработки сырья и полуфабрикатов на коксохимических предприятиях выделяется большое количество веществ в виде взвешенных твердых частиц, около 7,4 тыс. т в год. Такое количество негативного воздействия на атмосферу связано с особенностями технологического процесса. Так же путем механического, термического и химического воздействия образуются отходящие промышленные газы, в которых содержатся большое количество вредных веществ. Выбросы от данной группы предприятий приводят к сложной экологической обстановке, выбрасываемые компоненты отличаются специфическими удушающими запахами и высоко токсичными веществами.

Воздействие предприятий на окружающую среду распространяется на прилегающий район на расстояние до 20-25 км. Все выбросы можно

разделить на организованные и не организованные. К Организованным, относятся выбросы, которые отводятся от мест выделения системой газоотводов. Из выхлопных труб систем аспирации объектов транспортирования, измельчения, сепарации, сушки угольной шихты, а также при перегрузке и расसेве кокса, особенно при методе сухого тушения кокса. Возможно сокращение, данной группы выбросов, применяя для их улавливания газопылеулавливающие установки. Не организованные выбросы образуются на открытых поверхностях очистных сооружений, выделяющиеся через не плотности технологического оборудования и в местах складирования сыпучих веществ. Происходят при загрузке угольной шихты в печные камеры, выдаче и тушения кокса. Задачей любого предприятия является значительное снижение неорганизованных выбросов, а также защита атмосферного воздуха от выбросов и сбросов. Выполняются усовершенствование технологического процесса и проводятся мероприятия по переводу неорганизованных выбросов в организованные, путем сооружения специальных установок. Основными источниками загрязнения атмосферы на КХП являются выбросы пыли и газов при загрузке коксовых печей, выдаче и тушения кокса. Так же активно происходит утечка газов через двери коксовых печей в процессе коксования, пылевыведение при транспортировании и обработке угля и кокса[14].

Существует три пути решения проблемы обезвреживания выбросов емкостного оборудования: сбор выбросов в коллекторную систему с подачей в линию прямого коксового газа, термическое дожигание, каталитическое дожигание. Наиболее простой и доступный способ обезвреживания выбросов коксохимического производства - это подача их в линию прямого коксового газа для очистки в цехах улавливания (на 50 %) и дальнейшее сжигание в коксовых цехах, доменном или прокатном производствах для использования их в смеси с коксовым газом как топлива. Однако таким образом канцерогенные вещества (бензапирен и другие ПАУ) распространяются на весь металлургический комбинат; увеличиваются выбросы канцерогенных

веществ от других производств.

Удалить канцерогенные вещества, в частности, бензапирена, термическим окислением при температурах 600 - 1200 °С не представляется возможным. Наличие бензапирена отмечается в продуктах сгорания даже природного газа. Установлено, что для уничтожения бензапирена необходима температура порядка 1500 - 1700 °С, что требует дополнительного расхода топлива в специальных топочных устройствах. Недостатком термического обезвреживания отходящих газов является также повышенное образование оксидов азота из кислорода и в процессе горения топлив.

Для обезвреживания выбросов, содержащих органические соединения, наиболее рациональным является метод каталитического окисления, которое протекает при сравнительно низких (300 - 550 °С) температурах. Этот метод более экономичный, чем термическое сжигание. При этом возможно эффективно проводить процесс при малых концентрациях удаляемых примесей и достигать высокой (98 - 100 %) степени обезвреживания. Процесс осуществляется по непрерывной схеме, обеспечивает стабильную очистку в течение длительного времени и может быть полностью автоматизирован [17].

Общее количество выбросов зависит от конструкции и состояния применяемого оборудования, а также соблюдения правил технической эксплуатации и обслуживания, качества перерабатываемого сырья. Коксохимическое производство загрязняет атмосферу окислами углерода и серы.

На 1 т перерабатываемого угля выделяется около 0,75 кг SO₂ и по 0,03 кг различных углеводородов и аммиака. Кроме газов, коксохимическое производство выделяет в атмосферу большое количество пыли. Имеются данные, что при производстве кокса на 1 т перерабатываемого угля выделяется около 3 кг угольной пыли. Также большое количество пыли выделяется при разгрузке и перегрузке угля, в среднем 0,005 % от массы угля [2]. Основной источник загрязнения атмосферы - это коксовый цех. При

загрузке коксовых печей угольной шихтой выделяется из каждой камеры в окружающую атмосферу 1,5 - 2,4 кг пыли и 40 - 50 м³ газов, в результате чего запыленность воздуха на рабочих местах коксового цеха и прилегающей территории во много раз превышает допустимую норму (10 мг/м³).

Особо опасными выбросами, являются сероводород, цианистый водород, бензол, нафталин, фенолы, а также твердые частицы угольная и коксовая пыли. Особо острой стоит вопрос проведения мероприятий по повышению экологической безопасности и культуры производств.

Уменьшение количества выбросов на заводах добиваются путем сокращения объемов производства кокса и коксохимической продукции. Необходимо производить строительство природоохранных объектов, внедрение современных экологически безопасных технологических процессов. Выполнять техническое переоснащение коксохимических предприятий, вводить в эксплуатацию новое технологическое оборудование, взамен изношенного и устаревшего[13].

Выводы по разделу 1:

1. Коксохимическое производство возникло в 19 веке. Производство кокса позволило сильно снизить цену на изделия из чугуна и стали.

2. Цех смолпереработки проводит обезвоживание, обессоливание, обеззоливание смолы, после чего смола подвергается ректификации.

3. Основные фракции, выделяемые из смолы – нафталин, антрацен, каменноугольный пек.

4. Коксохимическое производство является грязным производством, выбрасывая в атмосферу вредные газы, такие как оксиды серы и углерода, а так же до 7,4 тыс. т. твердых взвешенных частиц в год.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА ПАРОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ ВОЗДУШНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Расчеты количеств воздушных выбросов сделаны при следующих допущениях:

1. Пары углеводородов рассматривались, как идеальный газ.
2. Расчеты велись на максимально возможное часовое количество выбросов и минимальное содержание в них каждого из компонентов.
3. При отсутствии в технической литературе исходных данных по парциальным давлениям отдельных компонентов для расчета принимались данные ближайшего аналога данного соединения.

Максимальный расход газов q (в $\text{м}^3/\text{ч}$) через дыхательную арматуру при работе ее на давление для наземных стальных резервуаров определяется, как сумма максимальных значений отдельных составляющих:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (1)$$

где q_1 – максимальный приток жидкости при заполнении резервуара, $\text{м}^3/\text{ч}$;

q_2 – расход газа из-за нагрева газового пространства от внешней среды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

q_3 – расход газа из-за нагрева газового пространства при закачивании в холодный резервуар горячего продукта, $\text{м}^3/\text{ч}$;

q_4 – расход газа, обусловленный испарением продукта.

Для одиночных резервуаров, т. е. таких резервуаров, заполнение и опорожнение которых не связано с соседними, максимальное значение притока жидкости q_1 при приемо-раздаточных операциях должно определяться максимальной производительностью насоса или подачей жидкости самотеком при минимальном сопротивлении трубопровода. Для групповых резервуаров возникает необходимость учитывать дополнительный расход жидкости, связанный с перетоком ее из резервуара в резервуар который возникает при переключении операций заполнения или опорожнения с одного резервуара на другой без остановки насосов. В этом случае оба резервуара в течение 2-5 минут оказываются сообщенными и при

наличии разницы продукта в резервуарах начинается его переток. Очевидно в случае неисправности дыхательной арматуры или недостаточной ее пропускной способности давление (вакуум) в резервуаре может значительно повыситься. Величину q_1 с учетом возможного перетока продукта можно определять по следующей приближенной формуле:

$$q_1 = Ad^2\sqrt{H} + 0,45q_n \quad (2)$$

где d – диаметр трубопроводов, м;

H – максимально возможная разница в уровнях жидкости в резервуарах, между которыми может возникнуть переток, м;

q_n – максимальная производительность насоса, м³/ч.

Опытный коэффициент A учитывает гидравлическое сопротивление подводящих трубопроводов, и его усредненные значения можно принимать в зависимости от разности ΔZ нивелирных отметок осей патрубков резервуаров, пользуясь следующими приближенными данными:

Таблица 3. Зависимости от разности ΔZ нивелирных отметок осей патрубков резервуаров

Разность ΔZ , м	5	10	20
Коэффициент A	2800	2600	2200

Расход q_2 газа через дыхательную арматуру, обусловленный изменением температуры в газовом пространстве в зависимости от атмосферных условий, может быть определен по формуле:

$$q_2 = \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_{max} \frac{V}{273} \quad (3)$$

где V – объем газового пространства резервуара, м³;

$\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_{max}$ – максимальная скорость изменения температуры в газовом пространстве, °С/ч.

В расчетах дыхательной арматуры можно принимать $\left(\frac{dT}{dt}\right)_{max}$ равной 4 – 5 °С/ч.

Величина q_3 определяется скоростью нагрева газового пространства холодного резервуара от поступающей горячей жидкой среды. Ее можно рассчитывать по эмпирической формуле:

$$q_3 = ED^2 \quad (4)$$

где D – диаметр резервуара, м;

E – опытный коэффициент, значения которого в зависимости от максимальной разности температур жидкой среды и газового пространства приведены ниже:

Таблица 4. Зависимости от максимальной разности температур жидкой среды и газового пространства

Δt	5	10	15	20	30	40	50
E	0,074	0,089	0,31	0,47	0,81	1,18	1,62

При хранении продукта в резервуаре происходит его испарение с насыщением газового пространства парами.

Максимальный расход газа через дыхательную арматуру, обусловленный испарением продукта, можно определить по формуле:

$$q_4 = \frac{22,4}{M} n F p_n \quad (5)$$

где M – молекулярный вес испаряющегося продукта;

F – поверхность зеркала продукта в резервуаре, м²;

p_n – давление насыщенных паров продукта в резервуаре, кгс/м²;

n – коэффициент испарения, ч⁻¹.

Если точное значение коэффициента испарения определить не удастся (в связи с многочисленностью факторов, влияющих на него), то можно принимать $n \approx 4 \cdot 10^{-4}$.

Таблица 5. По отделению пекоподготовки

№ по порядку	Наименование емкости и продукта в ней	Объем емкости, м ³	Диаметр емкости, м	Высота или длина емкости, м	Температура хранения продукта, °С	Примечание
1	Отстойники смолы №1	80	4,4	5,5	75	
2	Отстойники смолы №2	128	5,7	5,5	75	2шт
3	Сборники осветлители воды	29,4	2,8	5,2	75	4шт
4	Сборники среднетемпературного пека	50	7,36	5,3	210	2шт
5	Хранилище пековых дистиллятов	623	9,95	8,02	80-100	
6	Хранилище смолы	392	8,35	6,86	80-100	4шт

Участок подготовки пека к коксованию и конденсации пековой смолы.

Назначение участка - получение высокотемпературного пека (ВТП) из среднетемпературного пека (СТП) и смолодистиллятной смеси (СДС) для коксования в пекококсовых печах; конденсация пековой смолы и охлаждение пекокосового газа

Технологический процесс получения ВТП непрерывен и заключается в термоокислительной обработке сырья воздухом в кубах-реакторах. В результате термоокислительной обработки вырабатывается ВТП, пековые дистилляты, реакционная вода и отработанный воздух. Процесс непрерывен и протекает по следующей схеме:

1. приём сырья - СТП, поступающего из смолоперегонного цеха, в пекосборники;
2. подача СТП в куб-реактор № 1;
3. подача смолодистиллятной смеси в куб-реактор № 1;
4. окисление сырья в реакторах;
5. эвакуация отработанного воздуха и получение пековых дистиллятов.

Приём СТП из смолоперегонного отделения.

Для приёма СТП на участке имеется два пекосборника объемом 50 м³ каждый, один из которых работает, другой находится на очистке, ремонте и в резерве. Перед приёмом пека в пекосборниках должно быть не менее 15 м свободного пространства.

Подача СТП производится по заявке аппаратчика пекоподготовки насосом по пекопроводу из смолоперегонного отделения.

Подача смолодистиллятной смеси в куб-реактор.

Подача смолодистиллятной смеси производится из хранилища насосом № 11 (12) по трубопроводу в трубчатую печь для нагрева.

Нагретая смолодистиллятная смесь из трубчатой печи поступает в испаритель (эвапоратор) и после отделения легких погонов и паров воды, подается в куб реактор № 1.

Парогазовая часть из испарителя поступает в конденсатор-холодильник № 1.

Эвакуация отработанного воздуха и получение пековых дистиллятов.

Подаваемый в нижнюю часть реактора сжатый воздух, выходя из барботёра (в виде мелких пузырьков) проходит через слой сырья в верхнюю часть реактора, вступает в реакцию с сырьем. За счёт кислорода, содержащегося в воздухе, происходит окисление сырья (реакция окисления пека - экзотермическая).

Парогазовая фаза вместе с отработанным воздухом, увлекая капли пека из реактора, поступают в отбойную колонку, представляющую собой цилиндр диаметром 0,7 м с тремя полками.

В отбойной колонке происходит улавливание капель увлекаемого пека, который по ее полкам и стенкам стекает в реактор.

Из отбойных колонок паровоздушная смесь поступает в 3 конденсатора-холодильника расположенных параллельно. Охлаждение производится за счёт непрерывной подачи воды в змеевики встроенные в конденсаторы-холодильники.

В конденсаторах-холодильниках происходит процесс конденсации пековых дистиллятов.

Отработанный воздух из верхней части конденсаторов-холодильников по коллектору поступает в газопровод прямого пекококсового газа.

Из нижней части каждого холодильника дистилляты поступают в объединённый трубопровод - коллектор, по которому они поступают в хранилище вместимостью 600 м³, где усредняются, отстаиваются от влаги, далее насосом отгружаются в железнодорожные цистерны и отправляются потребителю.

Пековые дистилляты используемые как один из компонентов приготовления смолодистиллятной смеси дозируются в пековую смолу.

Процесс конденсации пекококсовой смолы начинается в газосборниках пекококсовых печей, в который через форсунки под давлением подаётся вода на орошение. При прямом контакте воды и пекококсового газа происходит конденсация лёгких погонных высокотемпературного пека, называемых в дальнейшем пекококсовой смолой; одновременно резко понижается температура газа.

Сконденсировавшаяся смола со стенок и днища газосборника смывается водой и за счёт уклона газосборника через гидрозатвор вместе с водой поступает в газопровод. Затем газ, вода и смола движутся вместе до сепаратора, представляющего собой пустотелый сосуд с коническим днищем.

Из нижней части сепаратора смола и вода, через гидрозатвор, по трубопроводу поступают в отстойник цикла орошения газосборника, а газ отводится из верхней части сепаратора.

Охлаждение газа производится в двух полчатых газовых холодильниках, соединённых последовательно. Пекококсовый газ поступая в нижнюю часть холодильника, контактирует с водой, подаваемой непрерывно насосом в верхнюю часть холодильника. Вода, стекая с полки на полку, создаёт многократные водные завесы, проходя через которые, газ охлаждается, а содержащиеся в нём пары смолы конденсируются.

После холодильников газ по газопроводу поступает в общий тракт прямого коксового газа для дальнейшей переработки в цехе улавливания №1.

Вода и сконденсировавшаяся смола из нижней части холодильников по трубопроводу стекают в отстойник №1 цикла орошения газовых холодильников.

Газовые холодильники работают под разрежением, тем самым обеспечивается движение газа от газосборника к машзалу.

Вода для конденсации и охлаждения пекококсового газа циркулирует по двум замкнутым циклам:

а) Цикл орошения газосборника: сборники воды № 3,4 - насос № 6 (8) - газо- сборник - отстойники № 2,3 - сборники воды № 3,4.

б) Цикл орошения газовых холодильников: сборники воды № 1,2 — насос № 9 (10) - газовые холодильники - отстойник № 1 - сборники воды № 1,2.

Избыточная вода обоих циклов орошения направляется в фенольную канализацию. Пополнение циклов орошения производится из осветлителя склада смолы, избыточной надсмольной водой и конденсатом склада масел передаваемого из СПО ЦПСиППК ж/д цистернами.

Смола из отстойников № 2, 3, работающих в цикле орошения газосборников, откачивается через каждые 4 часа в хранилище смолы вместимостью 400 м³.

Смола из отстойника №1, работающего в цикле орошения газовых холодильников, откачивается в хранилище по мере её накопления, но не реже одного раза в трое суток. Перекачка смолы производится поршневым насосом № 16 (17).

При каждой перекачке смолы из отстойников в хранилище частично откачивается вода.

Поступающая в хранилище смола накапливается, усредняется, подогревается змеевиками парового обогрева, отстаивается от воды, дозируется (при необходимости) пековыми дистиллятами, анализируется и с помощью плунжерного насоса № 11 (12) из нижней части хранилища подается в трубчатую печь для нагрева и дозирования в первый куб-реактор пекоподготовки.

При отстое смолы в верхней части хранилища накапливается вода, которая через сливной трубопровод направляется в осветлитель, представляющий собой цилиндрический сосуд вместимостью 30 м³, расположенный горизонтально.

Вода из осветлителя забирается центробежным насосом № 14 для восполнения баланса воды в циклах орошения газосборника и газовых холодильников, потерянной в результате испарения и при откачивании смолы из отстойника.

Для получения высокотемпературного пека используются пековые дистилляты в количестве 5% от перерабатываемого среднетемпературного пека.

Дистилляты дозируются из холодильников по одному из вариантов:

- а) конденсаторы-холодильники ---> сборники № 3,4;
- б) конденсаторы-холодильники ---> хранилище смолы;
- в) конденсаторы-холодильники ---> отстойники смолы № 2; 3;
- г) хранилище дистиллятов ---> насос ---> хранилище смолы.

3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Расчет количества паровоздушных выбросов отстойника смолы

№1

$q_1 = 120,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ – исходя из производительности насоса для перекачки.

$q_2 = \left(\frac{dT}{dt}\right)_{\max} \frac{V}{273} = \frac{1 \times 5 \times 80}{6 \times 273} = 0,24 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, где в расчетах дыхательной арматуры $\left(\frac{dT}{dt}\right)_{\max}$ принимаю равной $5^\circ\text{C}/\text{ч}$;

$V = 80 \text{ м}^3$ – объем емкости, взятый по отстойнику смолы №1.

$$q_3 = ED^2 = 0,089 \times 4,4^2 = 1,72 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

, где E – опытный коэффициент, значения которого в зависимости от максимальной разности температур жидкой среды и газового пространства приведены в таблице 4;

$D = 4,4 \text{ м}$ – диаметр емкости, взятый по отстойнику смолу из таблицы

5.

$$q_4 = \frac{22,4}{M} n F p_n = \frac{22,4 \times 4 \times 10^{-4} \times 358,52 \times 15,2}{274} = 2,42 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где коэффициент испарения, ч^{-1} (в связи с многочисленностью факторов, влияющих на него), принимаю $n \approx 4 \cdot 10^{-4}$;

$M = 274$ – молярная масса смолы;

$p_n = 358,52 \text{ кгс}/\text{м}^2$ - давление насыщенных паров в резервуаре, принимаемый для фракции смолы;

$S = 13,6 \text{ м}^2$ – поверхность зеркала резервуаров.

Максимальный паровоздушный выброс с отстойника смолы №1 $q_{\text{общ}}$ составит:

$$q_{\text{общ}} = 120 + 0,24 + 1,72 + 2,42 = 124,38 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

3.2 Расчет количества паровоздушных выбросов отстойника смолы №2

$q_1 = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$ – исходя из производительности насоса для перекачки.

$$q_2 = \left(\frac{dT}{dt}\right)_{\max} \frac{V}{273} = \frac{2 \times 5 \times 128}{6 \cdot 273} = 0,78 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где в расчетах дыхательной арматуры $\left(\frac{dT}{dt}\right)_{\max}$ принимаю равной $5^\circ\text{C}/\text{ч}$;

$V = 128 \text{ м}^3$ – объем емкости, взятый по отстойнику смолы №2.

$q_3 = ED^2 = 5,7^2 \times 0,089 = 5,78 \text{ м}^3/\text{ч}$, где E – опытный коэффициент, значения которого в зависимости от максимальной разности температур жидкой среды и газового пространства приведены в таблице 4;

$D = 5,7 \text{ м}$ – диаметр емкости, взятый по отстойнику смолы №2.

$$q_4 = \frac{22,4}{M} n F p_n = \frac{22,4 \times 4 \times 10^{-4} \times 358,56 \times 13,6 \times 2}{274} = 8,13 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где коэффициент испарения, ч^{-1} (в связи с многочисленностью факторов, влияющих на него), принимаю $n \approx 4 \cdot 10^{-4}$;

$M = 274$ – молярная масса смолы;

$p_n = 358,56 \text{ кгс}/\text{м}^2$ - давление насыщенных паров в резервуаре, принимаемый отстойника смолы;

$S = 13,6$ – поверхность зеркала резервуаров.

Максимальный паровоздушный выброс с отстойника смолы ($q_{\text{общ}}$) составит:

$$q_{\text{общ}} = 120 + 0,78 + 5,78 + 8,13 = 134,69 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

3.3 Расчет количества паровоздушных выбросов сборников-осветлителей воды.

$q_1 = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ – исходя из производительности насоса для перекачки.

$$q_2 = \left(\frac{dT}{dt}\right)_{\max} \frac{V}{273} = \frac{4 \times 5 \times 29,4}{6 \cdot 273} = 0,36 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где в расчетах дыхательной арматуры $\left(\frac{dT}{dt}\right)_{\max}$ принимаю равной $5^\circ\text{C}/\text{ч}$;

$V = 29,4$ – объем емкости, взятый по резервуарам сборников.

$$q_3 = ED^2 = 2 \times 2,8^2 \times 0,089 = 2,79 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где E – опытный коэффициент, значения которого в зависимости от максимальной разности температур жидкой среды и газового пространства приведены в таблице 4;

D = 2,8 м – диаметр емкости, взятый по сборникам-осветлителям воды.

$$q_4 = \frac{22,4}{M} n F p_n = \frac{4 \times 22,4 \times 4 \times 10^{-4} \times 6102 \times 6,15}{18} = 74,72 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где коэффициент испарения, ч⁻¹ (в связи с многочисленностью факторов, влияющих на него), принимаю $n \approx 4 \cdot 10^{-4}$;

M = 18 – молярная масса воды;

$p_n = 6102 \text{ кгс/м}^2$ - давление насыщенных паров в резервуаре;

S = 6,15 – поверхность зеркала резервуаров.

Максимальный паровоздушный выброс с сборников-осветлителей воды ($q_{\text{общ}}$) составит:

$$q_{\text{общ}} = 50 + 0,36 + 2,79 + 74,72 = 127,24 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

3.4 Расчет количества паровоздушных выбросов сборников среднетемпературного пека.

$q_1 = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ - исходя из производительности насоса для перекачки.

$$q_2 = \left(\frac{dT}{dt} \right)_{\max} \frac{V}{273} = \frac{4 \times 5 \times 50}{6 \cdot 273} = 0,30 \text{ м}^3/\text{ч}, \text{ где в расчетах дыхательной}$$

арматуры $\left(\frac{dT}{dt} \right)_{\max}$ принимаю равной $5^\circ\text{C}/\text{ч}$;

V = 50 м³ – объем емкости, взятый по сборникам среднетемпературного пека.

$$q_3 = ED^2 = 2 \times 5,3^2 \times 0,089 = 5,0 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где E – опытный коэффициент, значения которого в зависимости от максимальной разности температур жидкой среды и газового пространства приведены в таблице 4;

$D = 5,3$ м – диаметр емкости, взятый сборником среднетемпературного пека.

$$q_4 = \frac{22,4}{M} n F p_n = \frac{2 \times 22,4 \times 4 \times 10^{-4} \times 386 \times 17,5}{273} = 44,3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где коэффициент испарения, ч^{-1} (в связи с многочисленностью факторов, влияющих на него), принимаю $n \approx 4 \cdot 10^{-4}$;

$M = 273$ – молярная масса смолы;

$p_n = 386 \text{ кгс}/\text{м}^2$ - давление насыщенных паров в резервуаре;

$S = 17,5 \text{ м}^2$ – поверхность зеркала резервуаров.

Максимальный паровоздушный выброс с среднетемпературного пека ($q_{\text{общ}}$) составит:

$$q_{\text{общ}} = 50 + 0,30 + 5,0 + 44,3 = 99,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

3.5 Расчет количества паровоздушных выбросов хранилища пековых дистиллятов.

$q_1 = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$ – исходя из производительности насоса для перекачки.

$$q_2 = \left(\frac{dT}{dt} \right)_{\max} \frac{V}{273} = \frac{5 \times 623}{6 \cdot 273} = 1,90 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где в расчетах дыхательной арматуры $\left(\frac{dT}{dt} \right)_{\max}$ принимаю равной $5^\circ\text{C}/\text{ч}$;

$V = 623 \text{ м}^3$ – объем емкости, взятый по хранилищу масла №17 антраценовой фракции из таблицы 9.

$$q_3 = E D^2 = 9,95^2 \times 0,089 = 8,81 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где E – опытный коэффициент, значения которого в зависимости от максимальной разности температур жидкой среды и газового пространства приведены в таблице 8;

$D = 9,95$ м – диаметр емкости, взятый по хранилищу пековых дистиллятов.

$$q_4 = \frac{22,4}{M} n F p_n = \frac{22,4 \times 4 \times 10^{-4} \times 358,52 \times 13,6}{273} = 12,39 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где коэффициент испарения, ч^{-1} (в связи с многочисленностью факторов, влияющих на него), принимаю $n \approx 4 \cdot 10^{-4}$;

$M = 273$ – молярная масса смолы;

$p_n = 358,52 \text{ кгс/м}^2$ - давление насыщенных паров в резервуаре,;

$S = 13,6$ – поверхность зеркала резервуаров.

Максимальный паровоздушный выброс с антраценовой фракции ($q_{\text{общ}}$) составит:

$$q_{\text{общ}} = 100 + 1,90 + 8,81 + 12,39 = 123,1 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

3.6 Расчет количества паровоздушных выбросов хранилища смолы

$q_1 = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$ - исходя из производительности насоса для перекачки.

$$q_2 = \left(\frac{dT}{dt} \right)_{\text{max}} \frac{V}{273} = \frac{4 \times 5 \times 392}{6 \cdot 273} = 4,78 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где в расчетах дыхательной арматуры $\left(\frac{dT}{dt} \right)_{\text{max}}$ принимаю равной $5^\circ\text{C}/\text{ч}$;

$V = 392 \text{ м}^3$ – объем емкости, взятый по хранилищу смолы.

$$q_3 = ED^2 = 4 \times 8,35^2 \times 0,089 = 24,82 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где E – опытный коэффициент, значения которого в зависимости от максимальной разности температур жидкой среды и газового пространства приведены в таблице 4;

$D = 8,35 \text{ м}$ – диаметр емкости, взятый по хранилищу смолы.

$$q_4 = \frac{22,4}{M} n F p_n = \frac{4 \times 22,4 \times 4 \times 10^{-4} \times 358,52 \times 54,73}{273} = 8,72 \text{ м}^3/\text{ч}$$

, где коэффициент испарения, ч^{-1} (в связи с многочисленностью факторов, влияющих на него), принимаю $n \approx 4 \cdot 10^{-4}$;

$M = 273$ – молярная масса смолы;

$p_n = 358,52 \text{ кгс/м}^2$ - давление насыщенных паров в резервуаре;

$S = 54,73$ – поверхность зеркала резервуаров.

Максимальный паровоздушный выброс с хранилища смолы ($q_{\text{общ}}$) составит:

$$q_{\text{общ}} = 120 + 4,78 + 24,82 + 8,72 = 158,32 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Были рассчитаны объемные расходы паровоздушных выбросов, при которых срабатывают дыхательные клапаны для ёмкостей. Результаты расчета приведены в таблице 11.

Таблица 6 . Результаты расчёта объёма паровоздушных выбросов из производственных ёмкостей при срабатывании воздушных клапанов

Ёмкость	Объемный расход
Отстойник смолы №1	128,38 м ³ /ч
Отстойник смолы №2	134,69 м ³ /ч
Сборники-осветлители воды	127,24 м ³ /ч
Сборники среднетемпературного пека	99,6 м ³ /ч
Хранилище пековых дистиллятов	123,1 м ³ /ч
Хранилище смолы	158,32 м ³ /ч

3.6. Определение суммарного количества паровоздушных выбросов

$$\sum q = 128,38 + 134,69 + 127,24 + 99,6 + 123,1 + 158,32 = 771,33 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

3.7 Уравнения расхода жидкости или газа

Объемный расход жидкости или газа V (в м³/с):

$$V = \omega f \tag{6}$$

Массовый расход жидкости или газа M (в кг/с):

$$M = V\rho = \omega f\rho \quad (7)$$

Здесь f – площадь поперечного сечения потока, м^2 ;

w – средняя скорость потока, м/с ;

ρ – плотность жидкости или газа, кг/м^3 .

Для трубопровода круглого сечения уравнение об объемном расходе жидкости принимает вид:

$$V = 0,785d^2\omega \quad (8)$$

где d – внутренний диаметр трубы, м .

При заданном расходе V и принятой скорости w диаметр трубопровода определяется по уравнению:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785\omega}} \quad (9)$$

Ориентировочные значения скоростей, принимаемых при расчетах внутризаводских трубопроводов, приведены в табл. 7

Таблица 7. Ориентировочные значения скоростей, принимаемых при расчетах внутризаводских трубопроводов.

Поток	w , м/с
Газы при естественной тяге	2-4
Газы при атмосферном или близком к нему давлении в вентиляционных газоходах и трубопроводах	5-20
Жидкости при движении самотеком	0,1-0,5
Жидкости в напорных трубопроводах	0,5-2,5
Водяной пар в абсолютном давлении: $\geq 4 \cdot 10^4$ Па (0,5 ат)	15-40
$(1,96 \div 4,9) \cdot 10^4$ Па (0,2-0,5 ат)	40-60

Так как диаметр трубопровода – величина неизвестная, то выразим ее через объемный расход и скорость потока, подставив в уравнение:

$$\omega = \frac{V}{0,785d^2}$$

Тогда

$$0,785d^2 = \frac{V}{\omega}$$

Подставляю, данные, которые известны, получаю, что диаметр трубопровода равен:

$$0,785d = \sqrt{\frac{V}{\omega}}$$

$$0,785d = \sqrt{\frac{771,33}{18000}}$$

$$0,785d = 0,207$$

$$d = \frac{0,207}{0,785} = 0,263 \text{ м или } 263 \text{ мм.}$$

Давление в коллекторе, собирающем выбросы из воздушного клапана больше, чем давление коксового газа в основном трубопроводе, к которому подводится труба коллектора.

Поскольку длина трубопровода неизвестна, то можно выполнить оценочный расчет, показывающий какое изначальное давление в трубопроводе с учетом его падения за счет гидравлического сопротивления. Когда сопротивление принимаем без учета изгибов ($\lambda = 0,03$).

Расчетная формула:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{\lambda L}{d} \cdot \frac{v^2 \rho}{2 \cdot 0,785^2 d^2}, \quad (10)$$

$$\text{отсюда } P_1 = \frac{\lambda L}{d} \cdot \frac{v^2 \rho}{2 \cdot 0,785^2 d^2} + P_2;$$

$$P_1 = \frac{0,03L}{0,263} \cdot \frac{0,003^2 \cdot 5,72}{2 \cdot 0,785^2 \cdot 0,216^4} + 0,1$$

$$P_1 = 0,14L \cdot 0,999.$$

Таким образом, приблизительная длина трубопровода – 1000м.

$$P_1 = 0,14 \cdot 1000 \cdot 0,999 = 139,86 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}}.$$

Рассчитан внутренний диаметр коллекторного трубопровода для отвода этих выбросов из дыхательных клапанов в трубу коксового газа, она составила 263 мм.

Выводы по разделу 3:

1. Рассчитаны $q_{\text{общ}}$ по отделению пекоподготовки.
2. Определено суммарное количество паровоздушных выбросов.
3. Вычислили диаметр и длину трубопровода, необходимый для отводы паровоздушных выбросов по отделению пекоподготовки.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Таблица 8. Расчет платы за год за негативное воздействие

Цех переработки смолы	т/год	Норматив платы за 2019 г руб/т	Коэффициент инфляции	Сумма платы ПДВ
бензол	0,11519	56,1	1,04	6,72
фенол	0,015783	1823,6	1,04	29,93
нафталин	1,887418	1823,6	1,04	2579,5

Выводы по разделу 4:

1. Оснащение отделения пеководготовки дополнительным оборудованием по очистки воздуха от паровоздушных выбросов снижает выплаты за негативное воздействие на окружающую среду.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

5.1 Вредные вещества аммиачно-сульфатного отделения

Опасными веществами сульфатного отделения являются: коксовый газ, маточный раствор, серная кислота. Коксовый газ взрывоопасен и ядовит из-за значительного содержания окиси углерода (6-7%) и аммиака (8-10 г/м³). Окись углерода может вызвать острое отравление. Его основные симптомы: потеря сознания, судороги, одышка, удушье. Предельно допустимая концентрация окиси углерода в воздухе рабочей зоны - 20 мг/м³, пределы взрываемости коксового газа 6-30%. Аммиак сильно раздражает слизистую оболочку носа и глотки, вызывает слезотечение. Предельно допустимая концентрация аммиака 20 мг/ м³, взрывная концентрация 15-28%.

Серная кислота и маточный раствор при попадании на кожу вызывают химические ожоги. Пары серной кислоты токсичны.

Предельно допустимая концентрация паров серной кислоты в воздухе 1 мг/ м³.

Санитарными нормами установлены следующие предельно – допустимые концентрации ядовитых газов и паров в воздухе рабочих помещений, при которых допускается пребывание людей без газозащитной аппаратуры.

Таблица 9. Допустимые концентрации ядовитых газов и паров в воздухе рабочих помещений.

Окись углерода	СО	20 мг/м ³
Бензол	С ₆ Н ₆	5 мг/м ³
Аммиак	NH ₃	20 мг/м ³
Фенол	С ₅ Н ₅ ОН	0,3 мг/м ³
Ртуть	Hg	0,01 мг/м ³
Нафталин	С ₁₀ Н ₈	20 мг/м ³

Цианистый водород	HCN	0,3 мг/м ³
Окислы азота (в пересчете на NO ₂)		5 мг/м ³
Кислота серная	H ₂ SO ₄	1 мг/м ³
Антрацен	C ₁₄ H ₁₀	0,1 мг/м ³
Аэрозоли и пары, выделяемые лаком, пеком, дегтем для дорожного строительства, маслами		0,2 мг/м ³

Коксовый газ представляет собой механическую смесь различных газов и паров: метана, водорода, окиси углерода, аммиака, паров каменноугольной смолы и других веществ. Состав коксового газа зависит от состава шихты и температурного режима коксования.

Таблица 10. Состав коксового газа.

Водород	55 – 57%
Метан	22 – 28%
Тяжелые углеводороды: этан, пропан, бутан	1,5 – 2%
Азот	5,5 – 6%
Окись углерода (CO)	1 – 3,5%
Двуокись углерода (CO ₂)	2,5 – 3%
Кислород (O ₂)	До 1%

Не имеет цвета, вкуса, имеет резкий запах нафталина, тухлых яиц за счет содержания сероводорода.

На организм человека действует отравляюще вследствие того, что в его составе содержатся такие ядовитые вещества, как окись углерода, аммиак,

цианистые соединения и сероводород. Кроме того, наличие паров каменноугольной смолы, сероводорода, цианистых соединений, нафталина, бензола, фенолов, аммиака в конденсате еще более повышает токсические свойства коксового газа. Последние вещества раздражающе действуют на слизистую оболочку глаз, органов дыхания, на кожный покров человека, иногда вызывая серьезные кожные заболевания.

5.2.Свойства основных вредных и опасных производственных агентов и методы безопасной работы с ними

5.2.1 Природный газ

Таблица 11. Состав природного газа

Метан (CH ₄)	98,2%
Этан (C ₂ H ₆)	0,4%
Пропан (C ₃ H ₈)	0,2%
Бутан (C ₄ H ₁₀)	0,9%
Двуокись углерода (CO ₂)	0,1%
Азот (N ₂)	0,2%

Не имеет цвета, запаха, вкуса. Для определения наличия природного газа в воздухе ему придают запах искусственно - добавляют сильно пахнущее вещество - этилмеркаптан (C₂H₅SH).

ПДК природного газа 300 мг/м³. Природный газ является удушающим. При работе с природным газом следует помнить, что он вытесняет из воздуха кислород и поэтому можно получить удушье. Чтобы этого не произошло, следует применять газозащитную аппаратуру.

5.2.2 Бензол

Бензол - ароматический углеводород. Бесцветная, ядовитая, со специфическим запахом, огнеопасная, легкоиспаряющаяся жидкость. Удельный вес паров 3,57 кг/м³, кипит при 80 °С. Пары бензола взрывоопасны в смеси с воздухом в пределах от 1,5 до 10% (остальное воздух).

Бензол сильный яд и действует на человека отравляюще, при концентрации 100 и более мг/м³ в течение нескольких минут смертельно.

5.2.3 Фенол (карболовая кислота)

Фенол бесцветное кристаллическое вещество со специфическим запахом. Хорошо растворим в маслах и других органических веществах. Много фенола содержится в коксовом газе и газовом конденсате. Пары фенола - яд, вызывающий общее отравление. При отравлении парами фенола пострадавшему надо обеспечить покой, согревание, давать вдыхать кислород. При попадании на кожу пораженные места следует протереть 10 - 40% этиловым спиртом или растительным маслом.

5.2.4 Нафталин

Представляет собой белое кристаллическое вещество с сильным резким запахом. Почти не растворим в воде. Пары и пыль горючи и в смеси с воздухом взрывоопасны в пределах от 0,5 до 8% паров нафталина в воздухе или от 60 до 400 мг/м³ пыли нафталина в воздухе. Нафталин весьма летуч, особенно с повышением температуры. Он может без остатка перейти из твердого состояния в парообразное, минуя жидкое.

При вдыхании паров нафталина возможны отравления. При действии паров и пыли нафталина возникает головная боль, тошнота, рвота, раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, слезотечение, кашель, поражается нервная система и почки и др. заболевания.

При отравлении парами нафталина пострадавшего надо вынести на свежий воздух, освободить от стесняющей одежды, обеспечить покой и тепло, давать нюхать нашатырный спирт.

5.2.5 Цианистые соединения

Наиболее распространенным цианистым соединением, содержащимся в коксовом газе, является цианистый водород (синильная кислота HCN). В сыром коксовом газе ее может быть от 0,5 до 1,5 г/м³.

Синильная кислота - бесцветная, легкоподвижная жидкость с запахом горького миндаля, смешивается в любых соотношениях с водой и другими химическими жидкостями. Смесь паров с воздухом, содержание которых от 6 до 40% HCN могут взорваться. По силе взрыва превосходит тротил. При высоких концентрациях HCN в воздухе почти мгновенно наступает потеря сознания вследствие паралича дыхания, за которым возникает и паралич сердца.

5.2.6 Аммиак

Аммиак бесцветный газ, с резким неприятным запахом. Удельный вес $0,77 \text{ кг/м}^3$, то есть легче воздуха. Горит в смеси с воздухом, взрывоопасен в пределах от 16 до 27% газа в воздухе. Аммиак хорошо растворим в воде, поэтому в значительных количествах содержится в газовом конденсате. Аммиак улавливается серной кислотой в сатураторах с получением сульфата аммония (азотное удобрение). Содержание аммиака в неочищенном коксовом газе от 7 до 10 г/м^3 . Аммиак вызывает поражение дыхательных путей. При работе с аммиаком необходимо пользоваться газозащитной аппаратурой.

5.2.7 Серная кислота

Серная кислота – тяжелая бесцветная маслянистая жидкость. Крайне гигроскопична. Поглощает влагу с выделением большого количества теплоты.

Серная кислота пожаровзрывобезопасна, пары токсичны. Серная кислота по степени воздействия на организм относится ко второму классу опасности. Предельно допустимая концентрация серной кислоты в воздухе рабочей зоны составляет 1 мг/м^3 . Агрегатное состояние серной кислоты в воздухе рабочей зоны - аэрозоль.

Серная кислота, начиная с 50°C и выше, дает пары серного ангидрида. Последний с водяными парами воздуха образует белый туман. Пары серной кислоты быстро соединяются с водой, отнимая воду у многих органических

соединений, и некоторые из них обугливаются. Этим и объясняется, что при наличии паров серной кислоты в воздухе у человека происходит раздражение верхних дыхательных путей, особенно слизистой оболочки носа, наблюдаются явления насморка, затрудненного дыхания, жжения в глазах, при более высоких концентрациях могут появиться кровавая мокрота, рвота и т.д. При попадании на кожу вызывает химические ожоги.

При попадании серной кислоты и щелочи на тело человека нужно немедленно промыть пораженный участок большим количеством воды (струей). Необходимо помнить, что гашеная известь является щелочью, поэтому гашение извести и побелочные работы необходимо производить в защитных очках.

Уборка разливов серной кислоты вне помещения производится смыванием водой в ближайший приямок, откуда выкачивается насосом в резервуар. Разливы на территории вне приямков засыпаются негашеной известью для ее нейтрализации.

Уборку разливов в помещении производить с применением шланговых противогазов. Шланговые противогазы находятся в машинном зале.

Рабочий должен производить эти работы в защитных очках, противокислотных или резиновых перчатках, резиновых сапогах и суконной спецодежде.

5.2.8 Каменноугольная смола

Смола каменноугольная обладает токсичными свойствами, канцерогенна. По степени опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.005 относится ко второму классу. При систематическом воздействии паров смолы или длительном контакте с жидким продуктом могут возникать отравления, раздражение кожных покровов, слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, легких, печени. Признаки отравления – головная боль, головокружение, тошнота, рвота, потеря сознания, судороги. В случае отравления пострадавшего вывести на свежий воздух, освободить

от стесняющей одежды, обеспечить покой, тепло, дать крепкий сладкий чай.

При попадании капель смолы в глаза произвести промывание глаз водой.

При дерматитах и экземах необходимо прекратить соприкосновение с каменноугольной смолой и обратиться к врачу. В острый период воспаления кожи пораженный участок смазать 2% раствором борной кислоты.

При потере сознания применять нашатырный спирт, в случае отсутствия дыхания – искусственное дыхание методом «рот в рот» и сообщить в медпункт. Меры предупреждения заболеваний: индивидуальная защита, предварительные и периодические медицинские осмотры, молоко.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных расчетов в работе сделаны следующие выводы.

1. Отработана методика расчета количества и состава паровоздушных выбросов на коксохимическом производстве по отделению смолы.
2. По методике были рассчитаны максимальные расходы паровоздушных смесей, проходящих через воздушники резервуара.
3. Определено суммарное количество паровоздушных выбросов.
4. Вычислен диаметр и длина трубопровода, необходимый для отвода паровоздушных выбросов по отделению пекоподготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лейбович, Р.Е. Технология коксохимического производства / Р.Е. Лейбович, Е. И. Яковлева, А.Б. Филатова. – М.: Metallurgy, 1982. – 360 с.
2. Власов, Г.А. Системный анализ коксохимического производства / Г.А. Власов, В.И. Саранчук. – Д.: Східний видавничий дім, 2002. – 296 с.
3. Справочник коксохимика: в 6 т. Улавливание и переработка химических продуктов коксования / под общ. ред. Е.Т. Ковалева. – Харьков: Изд-во ИНЖЭК, 2009. – Т. 3: – 432 с.
4. Рудыка, В.И. Охрана окружающей среды: основные мероприятия и их эффективность / В.И. Рудыка, Т.Ф. Трембач, В.Б. Каменюка и др. // Кокс и химия. – 2004. – №7 – С. 35–37.
5. Черная металлургия и охрана окружающей среды: учебное пособие / И.М. Мищенко. – Донецк: ГВУЗ ДонНТУ, 2013. – 452 с.
6. Чистяков, А. Н. Химия и технология переработки каменноугольных смол / А.Н. Чистяков // Челябинск: Metallurgy. – 1990. – Т. 234. – С. 3.
7. Белоножко, А. М. Новые производства и продукты в коксохимической промышленности. – М.: Metallurgy, 1977. – 255 с.
8. Зыков, Д.Д. Коксохимический нафталин / Д.Д. Зыков, Б.А. Пац. – М. Metallurgy, 1981. – 224 с.
9. Магарил, Р.З. Образование углерода при термических превращениях индивидуальных углеводородов и нефтепродуктов / Р.З. Магарил. – М.: Химия, 1973. – 143 с.
10. Привалов, В.Е. Каменноугольный пек / В.Е. Привалов, М.А. Степаненко. – М.: Metallurgy, 1981. – 207 с.
11. Русьянова, Н. Д. Окислительная переработка каменноугольной смолы / Н.Д. Русьянова. – М.: Metallurgy, 1975. – 199 с.
12. Справочник сланцепереработчика / под ред. А.Г. Рудина, П.Д. Серебрянникова. – Ял Химия, 1988. – 420 с.

13. Технология твердых горючих ископаемых / под ред. Г.Н. Макарова, Г.Д. Харламповича. – М.: Химия, 1986. – 493 с.
14. Торф в народном хозяйстве / под ред. Б. Н. Соколова. – М.: Недра, 1988. – 268 с.
15. Харлампович, Г.Д. Фенолы / Г.Д. Харлампович, Ю.В. Чуркин. – М.: Химия, 1974. – 376 с.
16. Химические вещества из угля / под ред. Ю. Фальбе. – М.: Химия, 1980. – 611 с.
17. Эмануэль, Н. М. Курс химической кинетики / Н. М. Эмануэль, Д.Г. Кнорре. — М.: Высшая школа, 1984. – 463 с.
18. Юркевич, Я. Углекислотная химия / Я. Юркевич, С. Росинский. – М.: Металлургия, 1973. – 360 с.
19. Дмитриев, М.Т. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде / М.Т. Дмитриев, Н.И. Казнина, И.А. Пинигина. — М.: Химия, 1989. – 367 с.
20. Горелова, О.М. Исследования по созданию экологичной технологии переработки нафталиновой фракции на предприятиях коксохимии / О.М. Горелова, М.Ю. Григорьева // Ползуновский вестник. – 2013. – №1. – С. 276–278.
21. Сидоров, О.Ф. Современные представления о процессе термоокисления каменноугольных пеков / О.Ф. Сидоров // Кокс и химия. – 2002 – №9. – С. 35–43.
22. Брон, А.Я. Переработка каменноугольной смолы / А.Я. Брон. – М.: Металлургия, 1963. – 184 с.
23. Петлюк, Ф.Б. Многокомпонентная ректификация. Теория и расчет / Ф.Б. Петлюк, Л.А. Серафимов. – М.: Химия, 1983. – 304 с.
24. Сулимов, А.Д. Производство ароматических углеводородов из нефтяного сырья / А.Д. Сулимов. – М.: Химия, 1975. – 300 с.

25. Романова, Н. А. Структурная оптимизация схемы выделения нафталина на основе анализа фазовых равновесий / Н.А. Романова, В.С. Леонтьев, А.С. Хрёкин // Нефтегазовое дело. – 2018. – №. 3. – С. 43–61.

26. Романова, Н.А. Выделение нафталина из остатков каменноугольной смолы методом сверхчеткой ректификации / Н.А. Романова, А.С. Хрекин, В.С. Леонтьев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – Т. 57, № 3. – С. 80–85.

27. Сидоров, О.Ф. Механизм взаимодействия кислорода с углеводородами пека / О.Ф. Сидоров // Кокс и химия. – 2002. – №9. – С. 35–43.

28. Водяник, В.П. Предохранительные устройства для защиты химического оборудования. Справочное пособие – М.: Химия, 1975.