

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Рецензент, _____
_____/_____/_____
« ____ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой БЖД
_____/А.И. Сидоров/
« ____ » _____ 2018 г.

Пожарная безопасность технологического процесса производства сырого
бензола на ООО «Мечел-Кокс»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент
_____/М.Ю. Бабкин/
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы
студент группы П–558
_____/О.С. Костюкова/
« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер, доцент
_____/Г.А. Полунин/
« ____ » _____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Костюкова О.С. Пожарная безопасность технологического процесса производства сырого бензола на ООО «Мечел-Кокс». Челябинск: ЮУрГУ, П-558, 66 с., 8 ил., 4 табл., библиогр. список – 29 наим., 3 прил..

Целью выпускной квалификационной работы является проведение анализа пожаровзрывоопасности технологического процесса производства сырого бензола на ООО «Мечел-коксе», путем оценки пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на производственном объекте, пожарной опасности веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе.

В ходе работы были поставлены следующие задачи:

1. Изучить технологический процесс производства сырого бензола.
2. Провести анализ пожарной опасности веществ и материалов, обращающихся в производстве.
3. Произвести расчет избыточного давления взрыва, размеров взрывоопасных зон, образующихся в результате аварии и величины теплового излучения при пожаре пролива.
4. Предложить мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на коксо-химическом предприятия ООО «Мечел-кокс».

По результатам расчета были выделены взрывоопасные участки на территории отделения, спроектирована установка автоматического пожаротушения, разработан комплекс мероприятий, направленный на повышение пожарной безопасности в условиях производства.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Костюкова О.С.			Пожарная безопасность технологического процесса производства сырого бензола на ООО «Мечел-Кокс»		
Пров.		Бабкин М.Ю.					
Н. контр.		Полунин Г.А.			Лит	Лист	Листов
Утв.		Сидоров А.И.				3	66
					ЮУрГУ Кафедра БЖД		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ.....	8
1.1 Общие сведения.....	8
1.2 Структура организации производственного процесса.....	11
1.2.1 Углеподготовительный цех.....	12
1.2.2 Коксовые цехи №1 и №2	13
1.2.3 Цех улавливания №1.....	14
1.2.4 Цех улавливания №2.....	15
1.2.5 Бензольно-ректификационный цех	15
1.2.6 Цех переработки смолы и производства пекового кокса	15
2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СЫРОГО БЕНЗОЛА	17
2.1 Состав и свойства сырого бензола	17
2.2 Обработка коксового газа.....	18
2.3 Улавливание сырого бензола.....	20
2.3.1 Способы улавливания.....	20
2.3.2 Описание процесса.....	22
3 АНАЛИЗ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ	27
3.1 Методика анализа взрывопожарной опасности технологического процесса.....	27
3.2 Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов....	30
3.2.1 Коксовый газ.....	30
3.2.2 Серная кислота	31
3.2.3 Масло каменноугольное.....	31
3.2.4 Технический едкий натр.....	31
3.2.5 Бензол каменноугольный сырой	32
3.3 Технологическое оборудование	32
3.3.1 Рефлюксный бачок.....	32

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

3.3.2 Разделительная колонна	35
3.4 Производственные источники зажигания	38
3.5 Пути распространения огня и раскаленных продуктов горения	40
4 РАСЧЕТ КРИТЕРИЕВ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ.....	42
4.1 Расчет избыточного давления взрыва	42
4.1.1 Определение категории по взрывопожарной и пожарной опасности аппаратной бензольного отделения	42
4.1.2 Определение категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещения решёфферов бензольного отделения.....	46
4.2 Расчет максимальных размеров взрывоопасных зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения пламени паров жидкостей, размеров зон поражения при реализации пожара-вспышки	48
4.3 Расчет интенсивности теплового излучения пожара пролива сырого бензол.....	49
5 МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ПОВЫШЕНИЕ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОЦЕССА.....	51
5.1 Расчет автоматической установки пожаротушения	51
5.2 Расчет легкобрасываемых конструкций	59
5.3 Способы обеспечения пожарной безопасности при проведении технологического процесса производства сырого бензола	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	64

ВВЕДЕНИЕ

Практика эксплуатации различных производств свидетельствует о том, что в одних случаях начавшийся пожар через некоторое время самолокализуется, а в других – может получить быстрое развитие. Из одного технологического аппарата он может перейти в другой, выйти за пределы технологического оборудования, распространиться в соседнее производственное помещение, перекинуться на строительные конструкции здания и сооружения и таким образом принять большие размеры, причинить значительный материальный ущерб, а иногда привести к гибели людей.

По статистике, в РФ ежегодно происходит около 300 тыс. пожаров и гибнет около 5 тыс. человек. Количество крупных пожаров, происходящих ежегодно в нашей стране, сравнительного невелико и в среднем составляет около 0,2 % общего количества всех пожаров. Однако только прямой ущерб от них может достигать в среднем до 25 % и более общего ущерба всех пожаров. В связи с этим становится понятным, насколько важно предупреждение пожаров и создания условия их локализации [7].

Современные предприятия представляют собой сложные комплексы и состоят из отдельных цехов, участков, установок, связанных между собой рельсовым и автомобильным транспортом, трубопроводами, конвейерами или иными транспортными коммуникациями. Технологическое оборудование (машины и аппараты, которые объединены коммуникациями в технологическую схему производства той или иной продукции) размещается в производственных помещениях и на наружных установках.

Пожар может получить быстрое распространение только в том случае, если в технологических процессах производства будут для этого соответственные причины и условия для распространения начавшегося пожара, к которым относят:

- Сосредоточение большого количества горючих веществ и материалов;
- Наличие технологических систем транспорта, связывающих в единое целое не только технологические установки, но и производственные помещения по горизонтали и вертикали здания или сооружения;

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

- Внезапное появление факторов, ускоряющих его развитие, к которым относят: растекание огнеопасных жидкостей при аварийном истечении из поврежденного оборудования, разрушение аппаратов при взрыве;

Распространению пожара на производстве также способствует позднее обнаружение и сообщение о нем, отсутствие стационарных и первичных средств пожаротушения, а также неквалифицированные действия людей при тушении пожаров.

Знание причин распространения пожара позволяет разработать эффективные решения пожарной безопасности для предупреждения крупных пожаров.

Таким образом, перед современной технологической наукой и практикой стоит триединая проблема обеспечения безопасности производств: технической безопасности, пожарной безопасности и охраны окружающей среды. Проблемы эти решать трудно, но возможно. Большая роль в этом отводится пожарной охране, призванной не допустить к эксплуатации ненадежные, опасные в пожарном отношении производства, так как снижение пожарной опасности технологических процессов – это одновременно и улучшение условий труда и защита окружающей среды.

Анализ пожарной опасности технологических процессов предусматривает определение пожарной опасности используемых в технологическом процессе веществ и материалов, путей распространения пожара, расчет категории помещений, зданий и наружных установок по взрывоопасной и пожарной опасности, определение систем предотвращения пожара и противопожарной защиты, разработку мероприятий по повышению пожарной безопасности технологических процессов [3].

На основе анализа пожарной опасности технологических процессов, разрабатывают систему мер по предотвращению пожара и противопожарной защите технологических процессов.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1 Общие сведения

ООО «Мечел-Кокс» — одно из ведущих предприятий России в горнодобывающей и металлургической отраслях, в состав которого входит более 10 цехов и подразделений.

В июле 2006 г. Коксохимпроизводство ОАО «ЧМК», существующее с 1945 г., выделено в отдельное предприятие — «Челябинский завод по производству коксохимической продукции» — ООО «Мечел-Кокс».

В настоящее время ООО «Мечел-Кокс» входит в состав горнодобывающего сегмента — ОАО «Мечел-Майнинг» — являющегося дочерним предприятием ПАО «Мечел».

Историческая справка

В 1944 году введены в эксплуатацию углеподготовительный цех, коксовые батареи №1 и №2, первая очередь цеха улавливания №1. 2 августа 1944 года — выдан первый кокс.

Позднее были построены и введены в эксплуатацию: 1948 год — коксовая батарея №3, 1951 год — коксовая батарея №4, полный цикл цеха улавливания №1;

На этом был завершён первый этап строительства с общей производственной мощностью 1640 тонн в год валового кокса.

В 1955–1956 года строятся и вводятся в эксплуатацию коксовые батареи №5 и №6, смолперерабатывающий цех, бензольно-ректификационный цех, 1959 год — пекококсовый цех. 1962–1963 годы — коксовые батареи №7 и №8, цех улавливания №2, биохимическая установка.

За 19 лет построен крупный коксохимический завод проектной мощностью 3,6 млн. тонн в год валового кокса.

В последующие годы в основном проводились реконструкции и модернизации коксовых батарей и технологического оборудования, для поддержания действующих мощностей, экологические мероприятия.

1979–1986 гг. проводится последовательная реконструкция коксовых батарей № 5, 2, 4, 1, 6. Также выполнены работы по обновлению части объектов химических

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

цехов: построены новый машинный зал и аммиачно-сульфатное отделение в цехе Улавливания № 1.

2002–2005 гг. проведены капитальные ремонты с частичной перекладкой отопительных простенков и введены в эксплуатацию коксовые батареи №5 и № 2, находящиеся на «холодной консервации».

2003 г. в бензольно-ректификационном цехе введена в строй после реконструкции первая очередь бензольно-скрубберного отделения проектной мощностью 100 тыс. м³ газа в час, что позволило увеличить выработку сырого бензола.

В последние годы на ООО «Мечел-Кокс» активно велось обновление и модернизация существующих производственных мощностей, был успешно реализован ряд инвестиционных проектов. Благодаря сотрудничеству с такими научно-исследовательскими и проектными институтами, как ВУХИН и ГИПРОКОКС была дана путёвка в жизнь многим новым техническим решениям.

В 2006 году пущена в работу после реконструкции новая современная коксовая батарея №7 проектной мощностью 495 тыс. тонн кокса в год. В комплекс реконструкции, кроме батареи, вошёл целый ряд объектов в углеподготовительном цехе, цехах улавливания №1 и №2.

В 2007 году в дозировочном отделении углеподготовительного цеха установлены автодозаторы на угольных силосах с автоматической системой управления процессом приготовления шихты, произведена замена барабанной дробилки в отделении предварительного дробления, реконструирован вагоноопрокидыватель №1 с заменой дробильно-фрезерных машин.

В цехе улавливания №2 построены и введены в эксплуатацию новые первичные газовые холодильники с горизонтальным расположением труб, два новых механизированных осветлителя по 380 м³ каждый, проведена реконструкция насосной отделения конденсации. В цехе улавливания № 1 на складе смолы построена новая насосная, установлено хранилище объемом 3000 м³. Выполнен большой объем работ по строительству установки дешламации смолы. Завершение монтажных и пуско-наладочных работ и ввод установки в эксплуатацию планируется выполнить в 2009 году.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

С целью поддержания действующих мощностей проведена реконструкция отделения конденсации в цехе улавливания №1, установлены и введены в эксплуатацию пять новых механизированных осветителей, закончена реконструкция насосной отделения конденсации, градирни № 3.

В 2008 году выполнены работы по реконструкции коксовой батареи №4.

Особое внимание уделяется контролю над технологическими процессами и качеством выпускаемой продукции. Коксохимическая лаборатория за последние годы была заметно переоснащена. Приобретены новые лабораторные приборы и оборудование, в том числе хроматографы для анализа качества химических продуктов, весовое оборудование, освоена новая сертифицированная установка для определения «реакционной способности и горячей прочности кокса после реакции». Сегодня мы в полной мере имеем возможность удовлетворять требованиям потребителей.

В 2009–2010 – реконструкция коксовой батареи №6, введена в эксплуатацию в марте 2011 года.

В 2011 году проведена реконструкция комплекса коксовой батареи №5, в декабре 2011 года батарея введена в эксплуатацию. В комплекс реконструкции кроме батареи вошли угольная башня, коксовая рампа, система беспылевой выдачи кокса, коксортировка с бункерами крупного кокса, насосная и башня тушения кокса, дымовая труба.

На предприятии ведется постоянная работа по модернизации производства. Разработанная программа перспективного развития ООО «Мечел-Кокс» предусматривает дальнейшее обновление и модернизацию коксовых батарей, реконструкцию цехов улавливания и переработки химических продуктов коксования [29].

Вид деятельности предприятия ООО «Мечел-Кокс»

Предметом деятельности и основными видами деятельности предприятия является производство и реализация коксохимической продукции.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

Сырьем для получения кокса являются коксующиеся угли 4–5 марок, получаемые из Кузбасса и Карагандинского бассейна.

Производство включает все технологические процессы: от переработки угольного концентрата до производства кокса и химической продукции.

Основной продукт — металлургический кокс, вырабатываемый сегодня на восьми коксовых батареях. ООО «Мечел-Кокс» обеспечивает производственные потребности предприятий компании «Мечел», а также реализует свою продукцию на внутреннем и внешнем рынках.

Производимый кокс характеризуется высоким уровнем качества: равномерностью по влажности и прочности, низким содержанием золы и серы, низким выходом летучих веществ. Из попутного продукта – коксового газа – в цехах «Мечел-Кокса» вырабатывается 24 вида химической продукции: бензол, толуол, сольвент, нафталин, сульфат аммония, смолы и многие другие продукты.

Производимый кокс характеризуется высоким уровнем качества: равномерностью по влажности и прочности, низким содержанием золы и серы, низким выходом летучих веществ. Основные потребители — ОАО «Челябинский металлургический комбинат», ОАО «Южноуральский никелевый комбинат», ОАО «Ижсталь» и другие металлургические предприятия в уральском регионе.

Основными потребителями химической продукции являются электродные заводы и предприятия алюминиевой промышленности (пек электродный, пековый кокс), химической и лакокрасочной промышленности (бензол, толуол, сольвент, нафталин) на внутреннем рынке и за рубежом (нафталин, сульфат аммония) [29].

1.2 Структура организации производственного процесса

В настоящее время структура ООО «Мечел-Кокс» представлена 11 основными цехами, 2 участками и коксохимлабораторией [19].

В состав ООО «Мечел-Кокс» входят:

- углеподготовительный цех;
- коксовый цех №1;
- коксовый цех №2;

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

- цех улавливания №1;
- цех улавливания №2;
- бензольно-ректификационный цех;
- цех переработки смолы и производства пекового кокса;
- коксохимическая лаборатория;
- цех ремонта коксохимического оборудования;
- цех ремонта коксовых печей;
- электроремонтный цех;
- участок ремонта коммуникаций.

Схема производственного процесса представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема производственного процесса ООО «Мечел-Кокс»

1.2.1 Угледобготовительный цех

Угледобготовительный цех предназначен для приема, хранения и усреднения углей, поступающих на коксование, их дробления, смешивания с целью получения шихты, заданного состава, и подачи ее на угольные башни коксовых батарей.

Данный цех введен в эксплуатацию в 1944 г.

В его состав входят участки углеприема с угольным складом и подготовки и подачи угольной шихты для коксования.

Назначение углеприема – выгрузка поступающих углей, усреднение, их хранение и предварительное дробление.

Угольный склад состоит из двух траншей длиной 200 м каждая, семи площадей для штабелей угля, угольных ям и бункеров. Уголь каждой марки закладывается в строго определенные штабели, не допуская смешивание углей разных марок. Максимальная вместимость угольного склада 180000 тонн угля, оперативная – 100000 тонн.

Выгрузка угля осуществляется на вагоноопрокидывателях, уголь по конвейерам поступает на угольный склад, трансферками перевозится в угольные траншеи.

В зимнее время года уголь, руда и другие сыпучие грузы, поступающие в железнодорожных вагонах, перед выгрузкой разогреваются в гаражах размораживания грузов.

Основной задачей участка подготовки угольной шихты является подготовка шихты для коксования заданного качества.

Технология подготовки осуществляется по схеме ДШ (дробление шихты). Каждая марка угля перед подачей в дозировочное отделение проходит предварительное дробление в барабанных дробилках. В дозировочном отделении готовится шихта заданного состава. В отделениях окончательного дробления на молотковых дробилках шихта измельчается до установленной степени помола и затем подается на угольные башни коксовых цехов №1,2.

1.2.2 Коксовые цехи №1 и №2

Основной задачей является производство из угольной шихты кокса, соответствующего техническим условиям.

В состав цехов входят коксовые батареи со вспомогательными и обслуживающими устройствами и сооружениями, угольные башни, коксовые машины, тушильные башни для мокрого тушения кокса с насосами и отстойниками, коксовые рампы.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

В настоящее время в эксплуатации находится 7 из 8 имеющихся коксовых батарей, в каждой из которых содержится 61 печь.

Коксовые батареи отапливаются смесью доменного и природного газов и работают в непрерывном режиме с периодическими остановками выдачи кокса по циклическому графику.

Готовый кокс выгружается в тушильный вагон строго по определенному графику, после охлаждения до 180–150 °С кокс разгружается на наклонную площадку – коксовую рампу, на которой в течение 12–15 мин. происходит испарение воды. Далее кокс поступает в отделение коксортировки, где разделяется по классам крупности на металлургический кокс и мелочь.

Производственная мощность батарей по коксу 6 % вл. варьируется от 410 до 495 тыс. тонн/год [19].

1.2.3 Цех улавливания №1

Цех Улавливания №1 включает в себя:

- отделение конденсации смолы и первичного охлаждения коксового газа;
- машинное отделение;
- аммиачно-сульфатное отделение;
- склад смолы;
- склад реактивов (серной кислоты) с насосной
- бензольное отделение.

Технологическое оборудование и агрегаты, имеющиеся в цехе, обеспечивают:

- эвакуацию коксового газа от коксовых батарей;
- охлаждение коксового газа;
- отстой надсмольной воды от смолы и фусов и подачу ее на орошение газосборных батарей;
- выделение смолы, ее хранение, усреднение;
- подачу смолы в Смолоперегонное отделение Цеха переработки смолы и производства пекового кокса;
- очистку коксового газа от аммиака с получением сульфата аммония.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

Улавливание бензольных углеводородов осуществляется в двух, последовательно установленных, бензольных скрубберах поглотительным маслом. Выделение бензольных углеводородов (сырого бензола) из поглотительного масла осуществляется на дистанционных колоннах. После дистилляции поглотительное масло охлаждается водой в холодильниках «Рашига» непосредственного действия и подается в скруббера, вода охлаждается на градирне.

В работе находится 2 очереди бензольно-скрубберного отделения.

Вырабатываемый сырой бензол хранится на складе сырого бензола, откуда передается потребителям.

1.2.4 Цех улавливания №2

Цех Улавливания №2 включает в себя:

- отделение конденсации смолы и первичного охлаждения коксового газа;
- машинный зал;
- аммиачно-сульфатное отделение со складом реактивов;
- отделение конечного охлаждения коксового газа;
- биохимическую установку (БХУ) (осуществляет очистку сточных вод от фенолов и роданидов).

В аммиачно-сульфатном отделении осуществляется получение сульфата аммония путем извлечения аммиака из коксового газа серной кислотой с получением соли и выделением ее кристаллов из маточного раствора.

В конечном газовом холодильнике производится охлаждение и очистка коксового газа от нафталина.

1.2.5 Бензольно-ректификационный цех

Назначение цеха – переработка сырого бензола с получением чистых продуктов: бензола, толуола, сольвента.

В настоящее время работа цеха приостановлена, ректификация бензола не производится.

1.2.6 Цех переработки смолы и производства пекового кокса

В составе цеха 2 отделения: смолоперегонное и пекокосовое.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

Смолоперегонное отделение занимается получением прессованного нафталина, среднетемпературного пека, получаемого в ходе перегонки смолы, приготовлением каменноугольных масел и фракция, и включает в себя:

- участок дистилляции;
- участок кристаллизации;
- пековый парк;
- маслосклад;
- лаковую установку.

Пекокосовое отделение предназначено для получения пекового кокса из высокотемпературного пека и состоит из:

- участка пекоподготовки;
- участка пекокосовых печей;

В составе отделения имеется 4 пекокосовых блока по 5 камер в каждом из них.

Парогазовые продукты, образующиеся при коксовании пека, охлаждаются в газоотводящей арматуре и газосборнике аммиачной водой.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СЫРОГО БЕНЗОЛА

2.1 Состав и свойства сырого бензола

Сырой бензол, извлекаемый из коксового газа, представляет собой смесь различных химических соединений, основными компонентами которой являются однопольные ароматические углеводороды – бензол, толуол, орто-, мета- и параксилолы. Кроме того, в сыром бензоле в незначительных количествах содержатся триметилбензолы (гемеллитол, мезитилен и псевдокумол), этилбензол, этилтолуол, а также непредельные и сернистые соединения, пиридиновые основания и фенолы. При абсорбции бензольных углеводородов из коксового газа маслами в сыром бензоле также содержатся легкие погонь поглотительного масла и нафталина. Состав сырого бензола представлен в таблице 1 [20].

Таблица 1 – Состав сырого бензола

Класс соединений	Важнейшие представители	Содержание, % мас.
Ароматические углеводороды	Бензол, толуол, ксилолы, этилбензол, триметилбензол	80 – 95
Непредельные соединения	Стирол, циклопентен, циклогексан, инден, кумарон	5 – 15
Сернистые соединения	Сероводород, сероуглерод, тиофен, метилтиофен, диметилтиофен	0,2 – 2,0
Алканы и циклоалканы	Циклопентан, метилциклопентан, циклогексан, гексан, гептан	0,3 – 2,0

Сырой бензол – прозрачная легкоподвижная жидкость слабо-желтого цвета, быстро темнеющая при хранении в результате окисления и полимеризации непредельных соединений с образованием смолистых веществ. Плотность сырого бензола колеблется в пределах от 845 до 920 кг/м³ в зависимости от состава. В воде он практически не растворяется и легко отстаивается от нее [4].

Состав и выход сырого бензола колеблется в широких пределах в зависимости от качества коксующего угля, температуры коксования, температуры подсводового пространства печей и времени пребывания в нем летучих продуктов. Чем выше

температура коксования и подсводовом пространстве, тем глубже идет пиролиз первичных продуктов разложения углей.

Было установлено, что при температурах ниже 550 °С из угля отщепляются в основном алифатические соединения. В интервале температур 550–750 °С происходит образование алифатических и ароматических углеводородов, а при температурах более 750 °С ароматические углеводороды образуются главным образом. При температурах выше 750–800 °С происходит интенсивное разложение гомологов бензола – толуола, ксилола и других, в результате чего содержание их в сыром бензоле снижается, а содержание бензола увеличивается. Наивысшим выход бензола достигается при температурах 800–900 °С. При более высоких температурах выход бензола вновь падает [22].

Сырой бензол, как продукт, получаемый непосредственно с производства, широкого применения не имеет. Промышленное применение имеют либо составные части сырого бензола в чистом виде (бензол, толуол), либо смесь их в определенных процентных отношениях, главным образом, в качестве жидкого топлива для двигателей внутреннего сгорания автомобильного типа [21].

2.2 Обработка коксового газа

Парогазовые продукты, выходящие из камеры коксования с температурой 750–800 °С, сначала подвергаются охлаждению до 85–90 °С аммиачной водой, которая подается из отделения конденсации в газоотводящую арматуру. В газосборниках коксовой батареи при этом конденсируется до 60 % смолы. Затем газ, содержащий еще значительное количество смоляного тумана, так называемый «прямой коксовый газ», поступает в первичные газовые холодильники, назначение которых – снизить его температуру до 30–35 °С. По мере охлаждения прямого коксового газа из него конденсируется смола и вода. Все сконденсировавшиеся продукты поступают в аппараты (осветители), где смола отделяется от воды. Вода насосами снова направляется на охлаждение парогазовых продуктов в газоотводящей арматуре и газосборниках коксовых батарей. Смола подается в хранилища для последующей переработки.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

После нагнетания коксовый газ поступает в газовый подогреватель, где нагревается паром до температуры 65–70 °С. Подогретый газ проходит через маточный раствор серной кислоты (3–5 %). При этом аммиак вступает в химическую реакцию с серной кислотой с образованием кристаллов сульфата аммония, который выделяется из циркулирующего в системе раствора в центрифугах. После центрифуги соль сушат для предотвращения слеживаемости.

В маточном растворе сатуратора при взаимодействии с серной кислотой образуются соли пиридина. Пиридиновые основания получают путем переработки маточного раствора. Поступающий из сульфатного отделения газ с температурой 55–60 °С подвергается конечному охлаждению до температуры 25 °С. Охлаждение производится оборотной технической водой. Техническая вода температурой 20–25 °С насосом из бассейна градирни подается на верхнюю часть холодильника и охлаждает идущий противотоком газ.

Промытая смолой оборотная вода, после отстоя смолы, по трубопроводам поступает на градирню конечного охлаждения газа, где при помощи принудительного дутья она охлаждается и из ванны градирни поступает прямо на насосы, подающие воду снова на конечный газовый холодильник. Накапливающаяся в отстойнике для воды смола периодически выводится в отстойник для смолы.

Одновременно с охлаждением газа и конденсацией содержащихся в нем водяных паров в конечном газовом холодильнике (КГХ) происходит вымывание нафталина. Нафталин из воды КГХ экстрагируется смолой.

Избыток смолы из нафталинового промывателя откачивается в смолоперегонный цех.

После конечного охлаждения коксовый газ из цеха улавливания №1 поступает в отделение улавливания сырого бензола в бензольно-ректификационный цех, а коксовый газ цеха улавливания №2 передается в коксовый цех для использования его в качестве топлива [25].

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

2.3 Улавливание сырого бензола

2.3.1 Способы улавливания

Принцип улавливания сырого бензола состоит в поглощении паров сырого бензола, находящегося в газе, соответствующим растворителем и в последующем отгоне бензола из растворителя путем обычной дистилляции [28].

Применяемы для этой цели растворители должны удовлетворять условиям, при которых поглощение бензола из газа происходит быстро, регулярно и без потери поглощающего вещества. Вещества, поглощающие из коксового газа бензол, не должны образовывать с последними устойчивых химических соединений, не должны изменяться физически или химически от действия прочих составных частей газа и должны обладать свойством регенерации.

Эти основные условия крайне ограничивают количество веществ, применяемых в качестве поглотителей.

Кроме улавливания бензолных углеводородов при помощи жидких и твердых поглотителей, он может быть извлечен из газа путем охлаждения последнего до низких температур ($-72\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Таким образом, современной практикой бензолной промышленности для извлечения сырого бензола из косового газа применяются следующие способы:

- 1) охлаждение до низких температур;
- 2) улавливание бензола жидкими поглотителями;
- 3) улавливание бензола твердыми поглотителями.

Наиболее рациональным и практически легко осуществимым является способ улавливания бензола при помощи жидких поглотителей.

Процесс улавливания бензола жидкостями в основе своей имеет осуществление весьма тесного соприкосновения газа с поглощающей жидкостью и является процессом отчасти физическим (абсорбция – поглощения), отчасти химическим (образование нестойких химических соединений). При нагревании жидкости, насыщенной бензолом, до определенной температуры происходит выделение из нее сырого бензола либо в силу обычной дистилляции, либо вследствие разрушения повышенной температурой образовавшихся химических соединений. В

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

последнем случае в конечном результате освободившийся бензол удаляется, как в первом случае, при помощи дистилляции [20].

При улавливании бензола из газа жидкими поглотителями расход энергии не велик и состоит из расхода на перекачивание поглотительной жидкости и на проталкивание газа через промывные аппараты. Сам же процесс поглощения бензола энергии не требует и основан на законе Генри, согласно которому при каждой температуре существует постоянное отношение между концентрацией поглощенной жидкостью паров бензола и концентрацией паров бензола, находящихся в газе.

Практическое применение закона Генри для рассматриваемого случая состоит в том, что, зная содержание в газе бензола, которое находится в равновесии, с содержанием бензола в поглотительном масле, можно для любой температуры вычислить требуемое количество поглотительного масла для поглощения бензола из газа.

Для обеспечения высокой эффективности процесса абсорбции бензольных углеводородов из коксового газа применяемые абсорбенты должны обладать следующими свойствами:

- высокой физико-химической стойкостью, обеспечивающей стабильность поглотительной способности абсорбента при длительной работе;
- большой поглотительной способностью по отношению к компонентам сырого бензола при обычной температуре и хорошей способностью выделять их при нагревании;
- оптимальной вязкостью, обеспечивающей достаточную толщину пленки на поверхности насадки и турбулентный режим ее движения;
- низкой склонностью к образованию эмульсий с водой и легкостью отстаивания от воды;
- высокой температурой начала кипения, чтобы при отгонке сырого бензола испарялось минимальное количество поглотителя;
- быть дешевым и недефицитным [24].

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

2.3.2 Описание процесса

В качестве абсорбента ООО «Мечел-Кокс» использует каменноугольное масло, которое представляет собой фракцию каменноугольной смолы, очищенную от антрацена и нафталина путем кристаллизации при охлаждении, а также от пиридиновых оснований и фенолов обработкой кислотой и щелочью. Основным достоинством этого абсорбента является его высокая поглотительная способность, благодаря чему требуется меньший его расход при абсорбции бензольных углеводородов.

Несомненно, что поглощение бензола маслом представляет собой простой процесс растворения, который с понижением температуры увеличивается вследствие снижения упругости паров бензола и повышения вязкости поглотительного масла. От масла требуется, чтобы оно обволакивало тонкой пленкой насадку скрубберов, чем создается необходимая поверхность соприкосновения с газом.

Практикой работы бензольных отделений установлено, что необходимая степень улавливания бензольных углеводородов (потеря их с обратным газом не более 2 г/м^3) обеспечивается при расходе каменноугольного масла 1,5-1,7 л на 1 м^3 газа в час.

Свежее каменноугольное масло, используемое для абсорбции бензольных углеводородов, должно отвечать техническим условиям, приведенным в таблице 2 [19].

Таблица 2 – Характеристика каменноугольного масла

Наименование параметра	Норма
Плотность, кг/м^3	1040-1070
Содержание воды, %, не более	0,5
Отгон до $230 \text{ }^\circ\text{C}$, %, не более	1,0
Выкипает в интервале $230\text{-}300 \text{ }^\circ\text{C}$, %, не менее	95
Содержание фенолов, %, не более	0,5
Содержание нафталина, %, не более	10,0
Вязкость масла при $25 \text{ }^\circ\text{C}$, не более	2,0
Молекулярная масса	170-180

Улавливание сырого бензола осуществляется путем контактирования газа, поступающего из цеха улавливания, с каменноугольным поглотительным маслом в

абсорберах с плоскопараллельной алюминиевой насадкой [24], принцип действия которых продемонстрирован на рисунке 2.

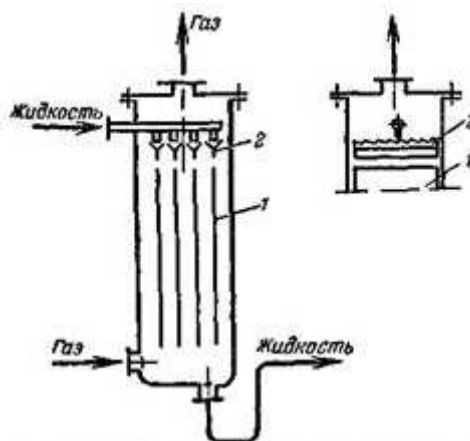


Рисунок 2 – Абсорбер с плоскопараллельной насадкой:
1 – алюминиевая насадка; 2 – распределительное устройство

Выделение бензольных углеводородов из насыщенного ими масла (так называемого «бензине») с получением промежуточного продукта – сырого бензола – основано на различной летучести компонентов смеси. При нагревании жидкости до температуры кипения, зависящей от давления, различные компоненты переходят в паровую фазу в количестве, пропорциональном давлению их паров над раствором, которое в соответствии с законом Рауля пропорционально мольной доле компонента в жидкой смеси. По мере испарения низкокипящих компонентов сырого бензола их концентрация в растворе снижается и соответственно падает давление их паров на раствором, поэтому для достаточного выделения бензола из масла при простой перегонке требуется нагревание его до 250–300 °С [17].

Для предотвращения порчи масла из-за нагревания до такой высокой температуры и обеспечения достаточно полного отгона растворенных в нем бензольных углеводородов, процесс дистилляции ведут с водяным паром, применение которого при перегонке несмешивающихся с водой высококипящих органических веществ позволяет снизить температуру кипения смеси до уровня ниже температуры кипения воды. На практике температура кипения масла, насыщенного бензолом, снижается до 115–140 °С в зависимости от расхода пара и равномерности распределения его в жидкости [27].

Процесс дистилляции проводят в тарельчатых колоннах, проиллюстрированных на рисунке 3. Насыщенное бензольными углеводородами масло после нагрева подается в верхнюю часть колонны, а острый пар вводится под нижнюю тарелку [21].



Рисунок 3 – Дистилляционные колонны

При барботаже пара через слой жидкости на тарелках происходит испарение бензольных углеводородов до остаточного содержания 0,2–0,4 % в масле, выводимом снизу колонны [28].

Нагревание масла до необходимой температуры производится с помощью насыщенного водяного пара в кожухотрубных теплообменниках или с помощью продуктов сгорания коксового газа в трубчатых печах. Применение трубчатой печи для нагревания масла перед дистилляцией обеспечивает ряд технологических преимуществ:

- сокращение расхода греющего пара на получение сырого бензола;
- увеличение степени отгона сырого бензола при ограниченном расходе острого пара в дистилляционной колонне;
- уменьшение объема паров, образующихся при дистилляции, и соответствующее уменьшение размеров десорбционной и конденсационной аппаратуры;
- сокращение расхода технической воды для конденсации паров, выходящих из дистилляционной колонны [1].

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Масло подается из скрубберов насосом в дистилляционную колонну, предварительно подогреваясь в дефлегматоре до 50–60 °С парами, поступающими из колонны, в теплообменниках – до 130–140 °С обезбензолненным маслом и в трубчатой печи – до 180 °С. Образующаяся при этой температуре смесь парообразных и жидких компонентов разделяется в дистилляционной колонне на паровую и жидкую фазы. Для снижения температуры кипения смеси и более полного выделения бензолных углеводородов в нижнюю часть колонны вводится острый пар.

Обезбензолненное масло снизу колонны подается насосом после охлаждения в теплообменниках и холодильниках до температуры 27–30 °С в скрубберы для абсорбции бензолных углеводородов.

Выделившиеся из масла пары бензола ректифицируются в колонне, наполненной кольцами Рашига. Колонна орошается флегмой, поступающей из дефлегматора, который является продолжением колонны и находится в верхней ее части. Не сконденсировавшиеся пары бензола попадают в змеевидный конденсатор, охлаждаемый холодной водой.

Пары бензола поступают в холодильник, а из холодильника в флорентийский сосуд, помещающийся в нижней части холодильника, в котором происходит непрерывное отделение бензола от воды, далее бензол отводится в сборник. Поступившие в холодильник вместе со смесью паров бензола и воды неконденсующиеся газы (метан, этан, сероводород и др.) и воздух, поглощенные маслом при улавливании бензола и выделившиеся из масла при дистилляции, беспрепятственно удаляются в атмосферу по трубке, которая не должна иметь гидравлического затвора, иначе он мешал бы свободному выпуску газов, и холодильник работал бы с перебоями.

Вода из сепаратора отводится в канализацию. Воды получается очень мало – только та, которая была поглощена в скрубберах маслом из газа, так как в системе не имеется непосредственного соприкосновения паров воды с маслом [18].

С целью предотвращения потерь бензола, особенно его легких фракций, которые, не успев сконденсироваться в конденсаторе, могут быть отсосаны

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

вакуумнасосом и выпущены на воздух. На отводящей трубе от вакуум-насоса устанавливаются дополнительно конденсатор.

Флегма, получаемая в колонне, содержит в себе в большом количестве фенолы, его гомологи и нафталин. Флегма из нижней части колонны спускается через сифон в моечные аппараты для выделения фенола, а затем спускается в кристаллизаторы для выделения нафталина.

На рисунке 4 приведена схема дистилляции насыщенного бензольными углеводородами масла [24].

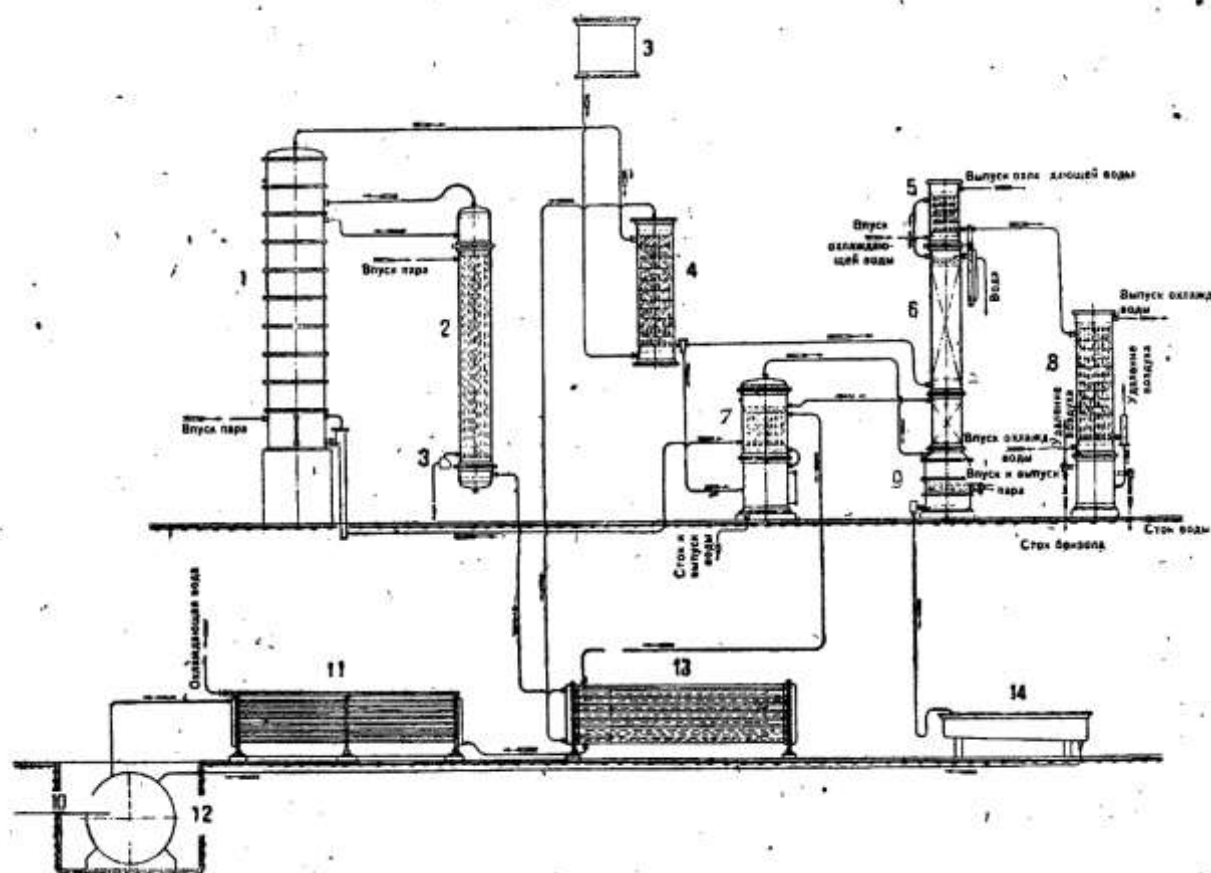


Рисунок 4 – Схема производства сырого бензола:

- 1 – дистилляционная колонна; 2 – маслонагреватель; 3 – резервуар для насыщенного промывного масла; 4,5 – дефлегматор; 6 – ректификационная колонна; 7 – подогреватель; 8 – холодильник для бензола; 9 – перегонный куб; 10 – резервуар для отогнанного масла; 11 – холодильник; 12 – теплообменник; 13 – резервуар для насыщенного масла; 14 – чаша для нафталина

Таким образом, улавливание сырого бензола из коксового газа представляет собой очень сложный и многоступенчатый процесс, который включает в себя множество разнообразных операций, для обеспечения безопасности которых необходимо проведение тщательного анализа пожароопасности веществ и материалов, обращающихся на производстве.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3 АНАЛИЗ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

3.1 Методика анализа взрывопожарной опасности технологического процесса

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов - совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения, в зависимости от его скорости и условий протекания, могут быть пожар или взрыв.

Пожаровзрывоопасность технологического процесса определяют с целью получения исходных данных для разработки систем по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности в соответствии имеющихся требований [5].

Классификационным признаком технологического процесса является так называемый критерий аддитивности G , который рассчитывают по формуле:

$$G = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{m_{i\text{пр}}}, \quad (1)$$

где m_i – масса i -го опасного вещества;

$m_{i\text{пр}}$ – предельно допустимая масса i -го опасного вещества.

Технологический процесс относится к процессам повышенной опасности при $G \geq 1$, если же данная величина не превышает единицы, то повышенная опасность процессу не присваивается.

Предельно допустимая масса пожароопасного вещества или материала, установлена в зависимости от его класса и категории согласно [6]:

- для горючих сжатых, сжиженных и растворенных под давлением газов установлены следующие пороговые количества: ацетилена, водорода, сероводорода, оксида этилена – 50 т; аммиака – 500 т; всех остальных горючих газов – 200 т;
- для ЛВЖ и ГЖ пороговое количество составляет 200 т (за исключением оксида пропилена, для которого $m_{\text{пр}} = 50$ т);
- для твердых саморазлагающихся веществ – 10 т;
- для окисляющих веществ: жидкого кислорода – 2000 т; аммиачной селитры – 5000 т; хлора и окислов азота – 50 т и т.д.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

Указанные выше количества опасных веществ относятся к одной технологической установке (одному хранилищу) или к группе указанных объектов, если расстояние между ними не превышает 500 м.

Определим по формуле (1) критерий аддитивности для технологического процесса производства сырого бензола, зная, что 4 рефлюксных бочка объемом $V = 2,4 \text{ м}^3$ каждый, маслоотстойник $V = 150 \text{ м}^3$, сборник тяжелого бензола $V = 10 \text{ м}^3$, дистилляционная и разделительная колонны с суммарным объемом сырого бензола $= 70 \text{ м}^3$ (2 очереди), содержащие внутри себя жидкости с температурой вспышки не превышающей $61 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\rho = 0879 \text{ г/см}^3$), находятся в одном помещении и расстояние между ними не превышает 500 м, получим:

$$G = \frac{282,718}{200} = 1,4.$$

Таким образом, т.к. величина $G \geq 1$, процесс производства сырого бензола относится к технологическим процессам повышенной опасности.

Анализ пожарной опасности технологического процесса повышенной опасности производят в следующей последовательности:

- разрабатывают и анализируют сценарии возможных вариантов аварий (в том числе крупной, проектной и максимальной);
- разрабатывают и анализируют логические схемы развития аварий;
- рассчитывают значения индивидуального и социального рисков и сравнивают их с нормативными величинами.

При отсутствии необходимых для определения рисков данных допускается использование иных критериев (параметров) пожарной опасности технологических процессов. К таким параметрам, в частности, относятся:

- избыточное давление, развиваемое при сгорании газо- или паровоздушной смеси в помещении;
- размеры зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения пламени газов и паров;
- тепловое излучение пожара пролива СУГ, ЛВЖ или ГЖ;
- размеры зон распространения облаков горючих паров и газов при аварии;

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

- тепловое излучение «огненного» шара;
- параметры волн давления при сгорании газо- или паровоздушных смесей в открытом пространстве и ряд других критериев.

Методика анализа взрывопожарной опасности технологического процесса заключается в следующем:

- 1) уясняют технологию производства, устройство и работу оборудования, а также его размещение;
- 2) выявляют горючие вещества и материалы, обращающиеся в процессе, определяют их количество и пожаровзрывоопасные свойства;
- 3) выявляют оборудование, участки или места, в которых находятся горючие вещества, материалы или сильные окислители, а также возможно образование газо-, паро- или пылевоздушных смесей;
- 4) анализируют возможность образования горючих смесей внутри технологического оборудования в различные периоды его работы;
- 5) анализируют возможность образования взрывоопасных зон в производственных помещениях и на наружных установках в различные периоды работы технологического оборудования;
- 6) анализируют причины, приводящие к выходу горючих веществ и материалов из технологического оборудования;
- 7) анализируют возможность образования в горючей среде источников зажигания;
- 8) анализируют причины и условия, способствующие развитию начавшегося пожара, а также пути распространения огня и раскаленных продуктов горения;
- 9) разрабатывают и анализируют сценарии возможных аварий и выбирают проектную аварию;
- 10) обосновывают расчетами категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;
- 11) предлагают и обосновывают расчетами способы обеспечения пожарной безопасности технологического процесса, а также конкретные

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

технические решения и организационные мероприятия, направленные на снижение его взрывопожарной опасности до нормативного уровня [5].

3.2 Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

3.2.1 Коксовый газ

Коксовый газ является продуктом коксования коксующихся каменных углей. Не имеет цвета, вкуса, имеет резкий запах нафталина, тухлых яиц за счет содержания сероводорода. Газ представляет собой механическую смесь различных горючих газов и паров: метана, водорода, окиси углерода, аммиака, паров каменноугольной смолы и других веществ, процентное содержание которых представлено в таблице 3. Его состав зависит от состава шихты, условий коксования и качества сырья [27].

Таблица 3 – Состав коксового газа

Наименование компонентов	Содержание, %
Водород	57 – 58
Метан	22 – 28
Тяжелые углеводороды: этан, пропан, бутан	1,5 – 2
Азот	4 – 5
Окись углерода CO	6 – 7
Углекислый газ CO ₂	2,5 – 3
Кислород O ₂	до 1
Цианистые соединения	1 – 2,5
Нафталин	до 1

Коксовый газ токсичное и взрывоопасное вещество, что вызвано высокой концентрация взрывоопасных веществ в его составе, которая может достигать до 30 %. Нижний предел взрываемости по объему 6 % газа (остальное воздух), верхний – 32 % газа. Температура воспламеняемости – 550 °С. Он обладает высокой теплотворной способностью, характеризующейся в 14–18 МДж/м³, что делает его наиболее эффективным газообразным топливом [17].

Пожарная опасность коксового газа обусловлена объемной долей горючих компонентов (водород, метан и др.) в составе, равной 93 % от общей массы. Теплота сгорания составляет 17,5 мДж/м³, теплоемкость – 1,35 кДж.

3.2.2 Серная кислота

Серная кислота – тяжелая бесцветная маслянистая жидкость. Крайне гигроскопична. Поглощает влагу с выделением большого количества теплоты. Концентрированная серная кислота при обычной температуре со многими металлами не реагирует, однако при нагревании концентрированная серная кислота взаимодействует почти со всеми металлами.

Серная кислота является негорючей пожароопасной жидкостью, плотностью 1834 кг/м³ и температурой кипения 330 °С. В концентрированном виде вызывает самовоспламенение горючих веществ [4].

Качество поставляемой серной кислоты, используемой для очистки фракции БТКС от сернистых и непредельных соединений, должно соответствовать требованиям ГОСТ-2184-77 «Кислота техническая серная. Технические условия».

3.2.3 Масло каменноугольное

Каменноугольное масло – темная, прозрачная в тонком слое горючая жидкость, получаемая в процессе переработки каменноугольной смолы.

Представляет собой многокомпонентную смесь сложного состава: нафталин – 12%, α- и β-метилнафталин – 12 %, аценафтен – 14,5 %, флуорен – 6%. При горении выделяет оксиды углерода и сажу.

Температура вспышки составляет 110–115 °С, температура воспламенения – 127–130 °С, самовоспламенение происходит при 478–480 °С [8].

Качество определяется ТУ 2457-170-00190437-2002.

3.2.4 Технический едкий натр

Натр едкий технический – бесцветная прозрачная жидкость, в которой массовая доля едкого натра составляет не менее 42 %. Пожаровзрывобезопасен. По степени воздействия на организм относится к веществам 2-го класса опасности.

Качество поставляемого натра едкого должно соответствовать требованиям ГОСТ-2263-79 «Натр едкий технический. Технические условия».

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

3.2.5 Бензол каменноугольный сырой

Бензол – жидкость со сладковатым запахом ароматических веществ, представляет собой смесь бензольных углеводородов, непредельных и сернистых соединений. Легче воды. Летуч. Взрывопожароопасен [17].

Состав сырых бензолов в процентном соотношении был представлен в таблице 1.

Сырой бензол – легковоспламеняющаяся жидкость, с температурой воспламенения 11 °С. Температура самовоспламенения составляет 560 °С, концентрационные пределы распространения пламени 1,43 – 8,0 % (об.), температурные пределы распространения пламени: нижний – 15 °С, верхний – 13 °С [21].

Физико-химические показатели сырого бензола нормируются ТУ 1104-241419-395-167-2001.

3.3 Технологическое оборудование

Наиболее взрывопожароопасным оборудованием в процессе улавливания бензольных углеводородов из коксового газа является оборудование, в котором в чистом виде содержится сырой бензол (рефлюксный бачок, сепаратор разделительной колонны), а также то оборудование, в котором обращаются вещества с высоким процентным содержанием бензольных углеводородов (разделительная колонна, бензольная колонна, дефлегматор, холодильник-конденсатор).

Таким образом, помещение решёферов и аппаратная представляют наибольшую опасность, с точки зрения возможности образования взрывоопасных концентраций.

3.3.1 Рефлюксный бачок

Помещение аппаратной содержит 4 рефлюксных бачка, диаметром – 1,2 м, высотой – 2,0 м и объёмом – 2,7 м³. В эксплуатацию введены в 2005 г.

Рефлюксный бачок, проиллюстрированный на рисунке 5 [22], служит для промежуточного хранения сырого бензола, часть которого в последующем забирается насосом для орошения разделительной колонны, а избыток откачивается на склад сырого бензола.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32



Рисунок 5 – Рефлюксный бачок

3.3.1.1 Образование взрывоопасных концентраций в оборудовании

Эксплуатация аппаратов различного типа с ЛВЖ и ГЖ сопровождается выделением наружу жидкостей и паров, которые могут образовывать зоны взрывоопасных концентраций в производственных помещениях и на открытых площадках. Размеры образующихся зон определяются количеством выходящих пожароопасных жидкостей и паров, их свойствами, а также условиями растекания жидкостей, выброса и рассеивания паров [4].

Взрывоопасные концентрации (ВОК) – это смеси горючих газов, паров и пылей (волокон) с окислителями в определенных количественных соотношениях [3].

Общим условием образования ВОК независимо от вида горючего вещества, типа производственного аппарата и места образования горючей смеси является выражение:

$$\varphi_{\text{н}} \leq \varphi_{\text{р}} \leq \varphi_{\text{в}} ,$$

где $\varphi_{\text{н}}$ и $\varphi_{\text{в}}$ – соответственно нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени;

$\varphi_{\text{р}}$ – рабочая (фактическая) концентрация горючего вещества.

Рассмотрим условия образования ВОК в рефлюксном бачке:

- Наличие над зеркалом паровоздушного объема.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

- Выполнение зависимости:

$$t_{нтпв} \leq t_p \leq t_{втпв} ,$$

где $t_{нтпв}$ и $t_{втпв}$ – соответственно нижний и верхний температурный предел воспламенения;

t_p – рабочая температура.

- Нарушение равновесия паровоздушной системы при разгерметизации оборудования, трубопроводной сети, и попадания в него воздуха. В этом случае оценку образования ВОК проводят по концентрационным пределам воспламенения.

3.2.2.2 Выход горючих веществ из нормально работающего оборудования

Из исправных технологических аппаратов независимо от их типа и режима работы горючие вещества и материалы могут в том или ином количестве выходить наружу. В определенных случаях это приводит к образованию местных зон взрывоопасных концентраций.

При нормальном режиме работы выход горючих веществ возможен при повышении уровня находящегося в аппарате сырого бензола; увеличение температуры или снижение давления окружающей среды может привести к выходу паровоздушной смеси через неплотности в прокладках и сальниковых уплотнениях, подключенных для слива и налива, трубопровода.

При таких утечках все вышедшие наружу вещества как правило рассредоточены в пространстве равномерно, поэтому в данном случае местные зоны ВОК не образуются, а происходит постепенное нарастание концентрации горючих паров в воздухе.

3.2.1.3 Выход горючих веществ из оборудования при нарушении режима его работы и повреждении. Возможные причины разгерметизации

В случае аварийного выхода горючего вещества из рефлюксного бочка, возникает наиболее пожаровзрывоопасная ситуация, которая может привести к катастрофическим последствиям. Это обусловлено тем, что выход горючего вещества

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

из поврежденного оборудования приводит к образованию пожаро- и взрывоопасной зоны и при наличии источника зажигания – к воспламенению или взрыву горючей смеси, пожару на производственном объекте.

Локальное повреждение бака, как правило, обусловлено образованием трещин и сквозных отверстий от коррозии, а также микротрещин в сварных швах и тому подобных местах. Нарушение целостности уплотнений приводит к выходу продукта под давлением в виде струй газа либо жидкости.

Полное разрушение в свою очередь характеризуется выходом всего содержимого на территорию ее установки.

Для рефлюксного бака можно выделить механические и химические причины повреждений.

Механические причины главным образом заключаются в воздействии динамических нагрузок, вызванных резким изменением давления при опорожнении бака, а также гидравлическим ударом при резком торможении потока жидкости. Нельзя исключать возможность механического удара (обрушение стен и перекрытий).

Химические повреждения для данного оборудования проявляются в разрушении металла в результате воздействия агрессивных сред (коррозии).

3.3.2 Разделительная колонна

Разделительная колонна, уставленная в помещении решёфферов, имеет высоту – 1,6 м, диаметр – 13,8 м и объем – 27,75 м³.

Разделительная колонна, представленная на рисунке 6, предназначена для разделения бензольных углеводородов, поступающих из верхней части дефлегматора в среднюю часть колонны, на две фракции сырого бензола: легкий бензол или бензол I и тяжелый бензол или бензол II, качество которых регулируется количеством подаваемого рефлюкса и пара [25].

Пожаровзрывоопасность данной установки характеризуется пожаровзрывоопасными свойствами обращающихся в ней веществах, их количеством, а также режимом работы (температурой, давлением).

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

Избыточное давление, высокие температуры, большой объем, большое количество различного рода соединений, люков, лазов, патрубков: все это и характеризует пожарную опасность разделительной колонны.

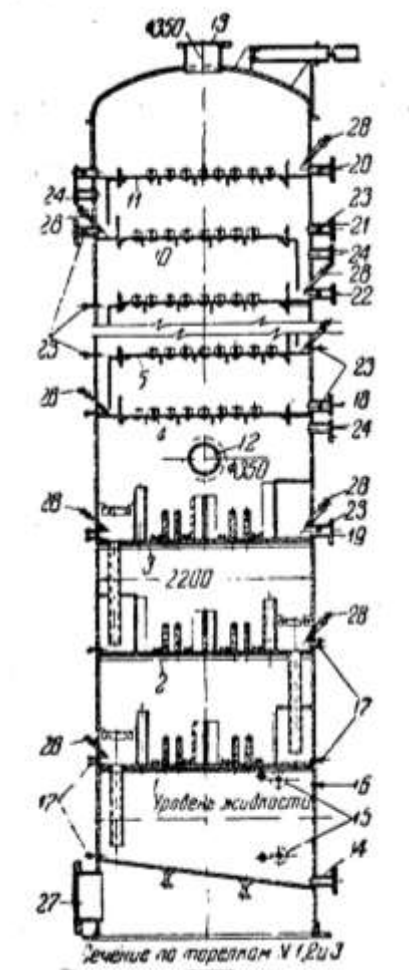


Рисунок 6 – Схема разделительной колонны

3.3.2.1 Образование взрывоопасных концентраций в оборудовании

Образования взрывоопасных концентраций в разделительной колонне возможны при выполнении зависимости:

$$t_{\text{НТПВ}} \leq t_p \leq t_{\text{ВТВП}}$$

Образование горючих концентраций внутри колонны исключено, так как воздуха в колонне нет (в ней только жидкость и ее пары). Кроме того, температура кипения жидкости на тарелках всегда выше верхнего температурного предела воспламенения пламени.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3.3.2.2 Выход горючих веществ из нормально работающего оборудования

В период нормальной работы колонн имеется возможность выхода наружу горючих паров и флегмы при появлении неплотностей, повреждений, разгерметизации соединений и уплотнений. И в этом заключается главная опасность в период нормальной работы колонн.

Последствия утечки зависят от места повреждения, от рабочей температуры в колонне и температуры самовоспламенения выходящего наружу вещества.

При таких утечках все вышедшие наружу вещества как правило рассредоточены в пространстве равномерно, поэтому в данном случае местные зоны ВОК не образуются, а происходит постепенное нарастание концентрации горючих паров в воздухе.

Остановка на ремонт и ввод в эксплуатацию также представляет большую опасность. Это обусловлено тем, что внутри колонны, как на тарелках, так и в нижней части, находится большое количество горючей жидкости. Наличие тарелок в колоннах затрудняет их опорожнение. Кроме того, колонны связаны со множеством подводящих и отводящих трубопроводов.

3.3.2.3 Выход горючих веществ из оборудования при нарушении режима его работы и повреждении. Возможные причины разгерметизации

Наибольшую опасность в условиях данного производства представляют герметичные аппараты, наполненные сырым бензолом. Ввиду того, что жидкости практически не сжимаемы, нагревание их даже до невысоких температур вызывает большие внутренние давления, которые могут привести к повреждению и разрыву стенок оборудования.

К повреждению технологического оборудования могут привести:

- превышение расчетных нагрузок при сохранении расчетной прочности оборудования;
- снижение расчетной прочности оборудования при сохранении расчетных нагрузок;

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

- одновременное нарушение расчетных нагрузок и расчетной прочности оборудования.

Разгерметизация системы может быть вызвана нарушением нормального технологического режима, которое происходит из-за отказа систем регулирования и защиты, а также в результате ошибочных действий производственного персонала, коррозионный и механический износ, повреждения технологического оборудования и трубопроводов.

В свою очередь, нарушение норм технологического режима может произойти из-за отказа схем регулирования и защиты, а также в результате ошибок персонала.

Резкие изменения давления в аппаратах могут происходить при испытании их на прочность, при пуске в эксплуатацию, в моменты остановки, а также при грубых нарушениях установленного технологического режима. В результате быстрого закрывания или открывания вентилей трубопроводов возможны гидравлические удары, которые также могут привести к повреждению оборудования.

Из-за непредусмотренных температурных перенапряжений в материале стенок аппаратов и трубопроводной сети происходит ухудшение механических характеристик металлов при высоких и низких температурах. Длительное воздействие высоких температур приводит к пластической деформации [18].

Обращающиеся на производстве вещества и вся окружающая оборудование среда вступает в химическую реакцию с материалами, что в свою очередь приводит к не менее опасному, с точки зрения разрушения, явлению – коррозии. Возникновение коррозии вызывается не только неоднородностью металла, но и неодинаковыми деформациями и напряжениями в различных участках.

3.4 Производственные источники зажигания

Условием возникновения горения является одновременное присутствие в определенной точке пространства горючей среды и источника инициирования процесса горения, который называют источником зажигания [8].

Источником зажигания – средство энергетического воздействия, инициирующее возникновение горения [1].

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

Под производственными источниками зажигания понимают такие источники, существование которых или появление которых связано с осуществлением технологических процессов производств.

На промышленном предприятии существует большое количество различных источников зажигания, ведь технологический процесс представляет собой целый цикл различных операций, где происходят различные процессы: тепловые (теплообменная аппаратура), химические (реакторы, ректификационные колонны, конденсаторы), имеются подающие и отводящие агрегаты (насосы и компрессоры) и т.д.

Производственные источники зажигания классифицируют по продолжительности действия, природе образования, запасу тепловой энергии, месту возникновения и другим признакам.

По продолжительности действия источники зажигания подразделяются на постоянно действующие и потенциально возможные; по природе образования – на тепловое проявление химической энергии, тепловое проявление механической энергии, тепловое проявление электрической энергии и т.п.; по запасу тепловой энергии – на низкокалорийные и высококалорийные.

Известно, что не всякий источник тепла способен воспламенить любую горючую среду и даже горючую смесь. Чтобы источник тепла (ИТ) стал источником вынужденного зажигания (ИЗ) конкретной горючей среды, необходимо выполнение трех условий:

- температура источника тепла ($t_{и.т}$) должна быть не ниже температуры самовоспламенения горючего вещества ($t_{св}$);
- энергия источника тепла ($w_{и.т}$) должна быть не меньше минимальной энергии, необходимой для воспламенения горючей среды (w_{min});
- длительность действия источника тепла ($\tau_{и.т}$) должна быть не меньше периода индукции ($\tau_{инд}$).

Источники зажигания в помещении решёфферов и аппаратной бензольного отделения могут образоваться в следующих случаях:

- искрообразование (механическое и статическое);

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

- перегрузка электрической сети;
- сжатие газов;
- удары твердых тел с образованием искр;
- несоблюдение режима курения;
- умышленное разведение огня, поджог примыкающих сооружений.

3.5 Пути распространения огня и раскаленных продуктов горения

Пожар может получить быстрое распространение только в том случае, если в технологических процессах производства будут для этого соответствующие причины (они непосредственно связаны с технологией производства) и условия для распространения начавшегося пожара.

Причинами быстрого распространения пожара в условиях данного производства является скопление большого количества взрывоопасных горючих веществ, а также наличие трубопроводов, образующих замкнутую сеть; огонь из одного технологического оборудования может перейти в другой, выйти за его пределы и распространиться в соседнее производственное помещение. Внезапное появление факторов, ускоряющих развитие пожара является растекание легковоспламеняющихся жидкостей и выход из поврежденного оборудования горючих газов.

Площадь и объем, на которые возможно распространение пожара, определяются видом пожара в помещении, скоростью линейного горения по сгораемым веществам, материалам и строительным конструкциям, возможным взрывом, временем перехода линейного горения в объемный пожар, характеристиками средств тушения.

Условиями, способствующими распространению пожара на производстве, являются:

- 1) позднее обнаружение и сообщение о нем;
- 2) отсутствие или неисправность стационарных и первичных средств пожаротушения;

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

3) неквалифицированные действия людей при тушении пожара. Эти условия непосредственно не связаны с технологией производства и поэтому здесь не раскрываются.

Таким образом, в ходе проведения анализа пожаровзрывоопасности веществ и материалов, обращающихся в производстве, а также технологического оборудования, используемого при производстве сырого бензола, можно сделать следующий вывод: наиболее опасными, с точки зрения возможности образования взрывоопасных концентраций, являются оборудования, в которых содержится сырой бензол в чистом виде (разделительная колонна, предназначенная для разделения сырого бензола и рефлюксный бачок, являющийся промежуточной емкостью хранения сырого бензола). Для анализа пожарной опасности помещений, в которых располагается данное оборудование, необходимо произвести расчеты избыточного давления взрыва при выходе всего содержимого аппаратов в объемы помещения; интенсивности теплого излучения при пожаре пролива, а также размеры взрывоопасных зон, образующихся в помещении в результате разгерметизации оборудования.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

4 РАСЧЕТ КРИТЕРИЕВ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

4.1 Расчет избыточного давления взрыва

4.1.1 Определение категории по взрывопожарной и пожарной опасности аппаратной бензольного отделения

Исходные данные:

Объем помещения $V - 225 \text{ м}^3$

Расчетная температура воздуха $t_p - 18 \text{ }^\circ\text{C}$

Бензол БС-1 – легковоспламеняющаяся жидкость. Молярная масса $M - 78,11 \text{ г/моль}$. Плотность $0,879 \text{ кг/м}^3$. константы Антуана: $A = 5,61391$, $B = 902,275$, $C_a = 178,099$. Температура вспышки $-11 \text{ }^\circ\text{C}$ (в закрытом тигле). НКПР $1,43 \%$. Максимальное давление взрыва 882 кПа .

Суммарное количество горючего материала в рефлюксовом бачке составляет 2158 л (или 1887 кг).

Расчет критериев пожарной опасности

Определение необходимого условия:

В помещении обращается легковоспламеняющаяся жидкость (бензол) с температурой вспышки менее 28°C , что соответствует необходимому условию отнесения помещения к взрывопожароопасной категории А.

Определение достаточного условия отнесения помещения к категории А:

В качестве расчетного варианта аварии примем полную разгерметизацию рефлюксового бачка и выход из него бензола БС-1 в полном объеме.

Рассчитывается избыточное давление взрыва бензола [15]:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot z}{V_{св} \cdot \rho_H} \cdot \frac{100}{C_{св}} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (1)$$

где P_{max} – максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовой или паровой смеси в замкнутом объеме. При отсутствии данных допускается принимать P_{max} равным 900 кПа ;

P_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		42

m – масса паров легко воспламеняющихся (ЛВЖ) вышедших в результате расчетной аварии в помещение, вычисляемая по формуле (2), кг;

z – коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения;

$V_{св}$ – свободный объем помещения, м³;

$\rho_{,n}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг×м⁻³;

$C_{ст}$ – стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ, % (объемных), вычисляемая по формуле (6);

K_n – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать K_n равным трем.

$$m = W \cdot F_n \cdot T, \quad (2)$$

где W – интенсивность испарения, кг×с⁻¹×м⁻², определяемая по формуле (3);

F_n – площадь испарения, м², определяемая по формуле (4);

T – продолжительность поступления ЛВЖ в помещение, с.

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_n, \quad (3)$$

где η – коэффициент, принимаемый по таблице А.2 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

P_n – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа, определяемая по формуле (5).

$$F_n = \alpha \cdot V, \quad (4)$$

где α – коэффициент разлития, 1000/м;

V – объем бензола, пролившегося на пол, л.

$$\lg P = A - \frac{B}{C + t}, \quad (5)$$

где A, B, C – константы Антуана;

t – расчетная температура.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

$$C_{cp} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (6)$$

где β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания, определяемый формулой (7).

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}, \quad (7)$$

где С, Н, О, Х – число атомов углерода, водорода, кислорода и галогенов в молекуле горючего соответственно.

Объем помещения нам известен, поэтому свободный объем составит 80 % от объема помещения и будет равен 180 м³.

Значение коэффициента участия паров в горении z примем равным 0,3 по Таблице А.1 Приложения А [1].

Таким образом, по формуле (5) определим давление насыщенного пара при расчетной температуре:

$$\lg P = 5,61391 - \frac{902,275}{178,099 + 18} = 1,01.$$

$$P_H = 10^{1,01} = 10,23 \text{ кПа.}$$

По формуле (3) найдем интенсивность испарения:

$$W = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{78,11} \cdot 10,23 = 90,41 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2.$$

Площадь испарения примем равной площади помещения $F_n = 75 \text{ м}^2$.

Определим по формуле (2) массу паров ЛВЖ, вышедших из оборудования в результате расчетного варианта аварии в течение часа, в соответствии пункта А.1.2 приложения А [15]:

$$m = 75 \cdot 90,41 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 = 24,4 \text{ кг}$$

Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения бензола C_6H_6 по формуле (7) составит:

$$\beta = 6 + \frac{6 - 0}{4} - \frac{0}{2} = 7,5.$$

Стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ найдем по формуле (6):

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

$$C_{cp} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 7,5} = 2,68.$$

Имея все данные, найдем избыточное давление взрыва по формуле (1):

$$\Delta P = (882 - 101) \cdot \frac{24,4 \cdot 0,3}{180 \cdot 3,28} \cdot \frac{100}{2,68} \cdot \frac{1}{3} = 110,56 \text{ кПа}$$

Однако данное помещение оборудовано постоянно работающей вентиляционной установкой, следовательно, согласно А.2.9 приложения А [15] массу паров ЛВЖ, поступивших в объем помещения, m следует разделить на коэффициент K , определяемый по формуле (8).

$$K = A \cdot T + 1, \quad (8)$$

где A – кратность воздухообмена, создаваемого вентиляцией, определяется по формуле (9):

$$A = L \div V, \quad (9)$$

где L – производительность вентиляционной установки, $\text{м}^3/\text{час}$;

V – объем помещения, м^3 .

Согласно паспорту вентиляционной установки, представленной в приложении А, фактическое значение производительности вентиляционной установки по данным 2007 г. составляет $4980 \text{ м}^3/\text{час}$, тогда по формуле (9) определим кратность воздухообмена в аппаратной:

$$A = \frac{4980}{235} = 21$$

Коэффициент K определим по формуле (8) [11]:

$$K = 21 \cdot 1 + 1 = 22$$

Таким образом, избыточное давление взрыва в помещении с учетом работы вентиляции, отвечающей требованиям п. А.2.3 приложения А [15], составит:

$$\Delta P = (882 - 101) \cdot \frac{24,4 \cdot 0,3}{22 \cdot 180 \cdot 3,28} \cdot \frac{100}{2,68} \cdot \frac{1}{3} = 5,47 \text{ кПа}$$

Согласно таблице 1 пункта 5.1 [15], приведенной в приложении Б, помещение аппаратной следует отнести к категории А (повышенная взрывопожароопасность) по взрывопожарной и пожарной опасности, так как в нем обращается жидкость с

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

температурой вспышки меньше 28 °С в таком количестве, что, при образовании взрывоопасной газовой смеси, развивается расчетное избыточное давление взрыва, превышающее 5 кПа.

В соответствии правил устройства электроустановок [16] в помещении необходимо выделить взрывоопасную зону В-Ia (зона, расположенная в помещении, в котором при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей).

Согласно главе 5 [1] в помещении также выделяется взрывоопасная зона 2.

4.1.2 Определение категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещения решёфферов бензольного отделения

Исходные данные:

Объем помещения $V = 562,5 \text{ м}^3$

Расчетная температура воздуха $t_p = 18 \text{ °С}$

Сырой бензол – легко воспламеняющаяся жидкость (СУГ). Молярная масса $M = 78,11 \text{ г/моль}$. Плотность $0,879 \text{ кг/м}^3$. константы Антуана: $A = 5,61391$, $B = 902,275$, $C_a = 178,099$. Температура вспышки -11 °С (в закрытом тигле). НКПР – 1,43 %. Максимальное давление взрыва 882 кПа.

Суммарное количество горючего материала в разделительной колонне оценивается массовой долей бензольных углеводородов, которая, согласно пункту 4.4 [4], составляет 0,3 % от общего объема или $2,4 \text{ кг/м}^3$.

Объем разделительной колонны равен $27,75 \text{ м}^3$, следовательно количество горючего материала составляет 8325 л (66,6 кг).

Расчет критериев пожарной опасности

Определение необходимого условия:

В помещении обращается легко воспламеняющейся сырой бензол с температурой вспышки менее 28 °С , что соответствует необходимому условию отнесения помещения к взрывопожароопасной категории А.

Определение достаточного условия отнесения помещения к категории А:

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

В качестве расчетного варианта аварии примем полную разгерметизацию разделительной колонны в результате аварии и выход из нее сырого бензола в полном объеме.

Для отнесения помещения к категории А по взрывопожарной и пожарной безопасности необходимо найти избыточное давление взрыва.

Так как в аппаратной также обращается бензол, воспользуемся рассчитанными в 4.1.1 значениями интенсивности испарения бензола, стехиометрической концентрацией паров.

Определим по формуле (2) массу паров СУГ, вышедших из разделительной колонны в результате расчетного варианта аварии, за время равное одному часу (3600 с).

Площадь испарения примем равной свободной площади помещения 125 м² (принимая, что 1 л сырого бензола разливается на площади 1 м²):

$$m = 125 \cdot 90,41 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 = 40,69 \text{ кг.}$$

Избыточное давление взрыва рассчитаем по формуле (1)

$$\Delta P = (882 - 101) \cdot \frac{40,69 \cdot 0,3}{450 \cdot 3,28} \cdot \frac{100}{2,68} \cdot \frac{1}{3} = 80,33 \text{ кПа.}$$

Помещение решёферов также оборудовано вытяжной вентиляционной установкой, которую необходимо учесть при расчете избыточного давления.

Согласно паспорту установки, представленному в приложении В, производительности вентиляционной установки составляет 3565 м³/час, тогда по формуле (9) определим кратность воздухообмена в аппаратной [14]:

$$A = \frac{3565}{562,5} = 6.$$

Коэффициент К, на который необходимо разделить массу вышедшего сырого бензола, определим по формуле (8):

$$K = 6 \cdot 1 + 1 = 7.$$

Пересчитаем избыточное давление взрыва с учетом имеющейся в помещении вытяжной установки:

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

$$\Delta P = (882 - 101) \cdot \frac{40,69 \cdot 0,3}{7 \cdot 450 \cdot 3,28} \cdot \frac{100}{2,68} \cdot \frac{1}{3} = 11,47 \text{ кПа.}$$

В результате полученного значения избыточного давления взрыва, превышающее 5 кПа и наличии необходимого условия отнесения помещения к категории А (обращение в помещении СУГ с температурой воспламенения менее 28 °С), помещение решёфферов следует отнести к категории повышенной взрывопожароопасности [15].

Также, в соответствии п 7.3 [10], в помещении необходимо выделить взрывоопасную зону В-Іа.

4.2 Расчет максимальных размеров взрывоопасных зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения пламени паров жидкостей, размеров зон поражения при реализации пожара-вспышки

Размер зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения пламени определяется формулами (10) и (11):

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \cdot \left(\frac{m_{\text{П}}}{\rho_{\text{П}} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}, \quad (10)$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,26 \cdot \left(\frac{m_{\text{П}}}{\rho_{\text{П}} \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}, \quad (11)$$

где $m_{\text{П}}$ – масса ГП, поступившего в открытое пространство при пожароопасной ситуации, кг;

$\rho_{\text{П}}$ – плотность ГП при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

$m_{\text{П}}$ – масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время испарения, кг;

$\rho_{\text{П}}$ – плотность паров при расчетной температуре, кПа;

$C_{\text{НКПР}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени паров, % об, (1,43 % об для бензола).

Получим:

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \cdot \left(\frac{40,69}{3,28 \cdot 1,43} \right)^{0,33} = 20,13 \text{ м.}$$

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,26 \cdot \left(\frac{40,69}{3,28 \cdot 1,43} \right)^{0,33} = 0,67 \text{ м.}$$

Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания паровоздушного облака при пожаре-вспышке R_F определяется формулой (12):

$$R_F = 1,2 \cdot R_{\text{НКПР}}, \quad (12)$$

$$R_F = 1,2 \cdot 20,13 = 24,16 \text{ м.}$$

Таким образом, граница зоны, ограниченной НКПР паров, по горизонтали будет проходить на расстоянии 20,13 м от оборудования, а по вертикали – 0,67 от поверхности земли.

4.3 Расчет интенсивности теплового излучения пожара пролива сырого бензола

Интенсивность теплового излучения рассчитывают по формуле (13):

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (13)$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м² (60 кВт/м² для бензола);

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы.

Эффективный диаметр пролива d , м определяется формулой (14):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}, \quad (14)$$

где S – площадь пролива, м².

Эффективный диаметр пролива составит:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 75}{\pi}} = 9,77 \text{ м.}$$

Рассчитываем высоту пламени H , м, по формуле (15):

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{\rho_B \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \quad (15)$$

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

где m – удельная массовая скорость выгорания топлива, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ($0,032 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ для бензола);

ρ_v – плотность окружающего воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$H = 42 \cdot 9,77 \cdot \left(\frac{0,032}{1,225 \sqrt{9,8 \cdot 9,77}} \right)^{0,61} = 11,3 \text{ м.}$$

Определяем угловой коэффициент облученности F_q по формуле (16):

$$E_q = \sqrt{F_v^2 + F_H^2}, \quad (16)$$

где F_v , F_H – факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, которые определяют с помощью выражений. Расчет параметров F_v и F_H приведен в приложении А.

Найдем угловой коэффициент облученности:

$$E_q = \sqrt{1,66^2 + (-1,36)^2} = 0,95.$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ определим по формуле (17):

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} (r - 0,5 d)], \quad (17)$$

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} (100 - 0,5 \cdot 9,77)] = 0,93$$

Вычислим интенсивность теплового излучения по формуле (13):

$$q = 60 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 53 \text{ кВт}/\text{м}^2.$$

Согласно ПДЗ интенсивности теплового излучения [5], рассчитанному значению соответствует воспламенение древесины. Человек мгновенно получит ожоги 3-ей степени, даже находясь в радиусе 100 м.

Полученные значения избыточного давления взрыва, интенсивности теплового излучения пожара пролива и размеров зон, ограниченных НКПР жидкости, являются достаточным условием отнесения технологического процесса производства сырого бензола к пожаровзрывоопасным и необходимым условиям для разработки мер по обеспечению пожарной безопасности на территории предприятия.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

5 МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ПОВЫШЕНИЕ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОЦЕССА

5.1 Расчет автоматической установки пожаротушения

Для расчета установки автоматического пожаротушения используем методику, приведенную в СП 5.13130.2009 [13].

Помещения категории А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности площадью 300 м² и более необходимо оборудовать автоматической установкой пожаротушения, поэтому произведем расчёт для помещения решёферов.

Согласно приложению Б [13] помещение решёферов относится к группе 4.2. по степени опасности развития пожара, т.к. в нем обращаются легковоспламеняющиеся жидкости. Такие помещения оборудуются установкой пенного пожаротушения.

Для помещений, в которых основным горючим продуктом являются ЛВЖ и ГЖ, коэффициент тепловой инерционности спринклерных оросителей должен быть менее 80 м·с [п. 5.2.19 13].

Расчет распределительной сети должен проводиться из условия срабатывания всех оросителей, наиболее удаленных от водопитателя.

Температура срабатывания установки составит 57 °С в соответствии таблице 5.4 [13].

По таблице 5.1 [13] определим:

- интенсивность орошения – не менее 0,17 л/(с·м²);
- расход пенообразователя – 65 л/с;
- минимальная площадь для расчета расхода воды – 180 м²;
- продолжительность работы – 60 мин.

Для установок пенного пожаротушения необходимо предусматривать (кроме расчетного) 100%-ный резерв пенообразователя, который должен автоматически включаться при отсутствии подачи пенообразователя от основного устройства дозирования. Подача резервного пенообразователя должна осуществляться от самостоятельного устройства дозирования [п 5.9.21 19].

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

Схема и план распределительного трубопровода применительно к помещению решёферов представлены соответственно на рисунке 7 и 8.

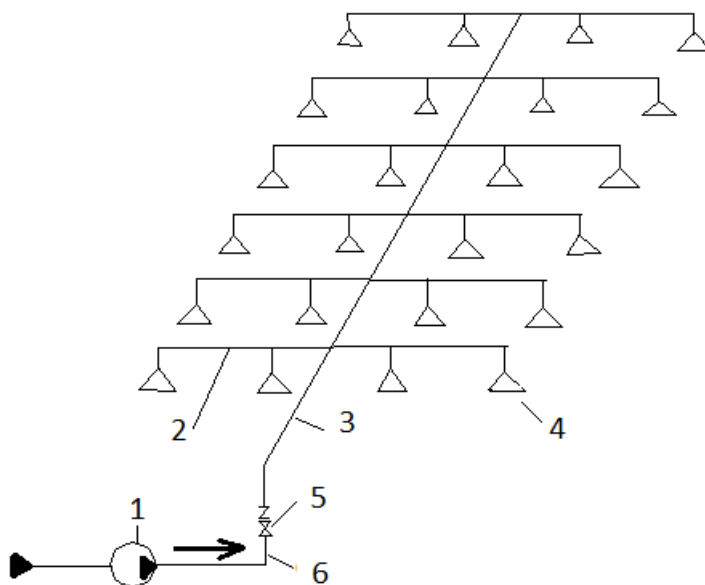


Рисунок 7 – Принципиальная схема пенной спринклерной установки автоматического пожаротушения.

1 – насос; 2 – распределительный трубопровод; 3 – питающий трубопровод; 4 – подводящий трубопровод; 5 – узел управления; 6 – подводящий трубопровод

Поскольку расстояние между оросителями и стенами не должно превышать половины расстояния между оросителями и стенами не должно превышать половины расстояния, между спринклерными оросителями, количество оросителей, наиболее удаленных от водопитателя и защищающих зону площадью 180 м², согласно рисунку 7, составляет 24 штуки.

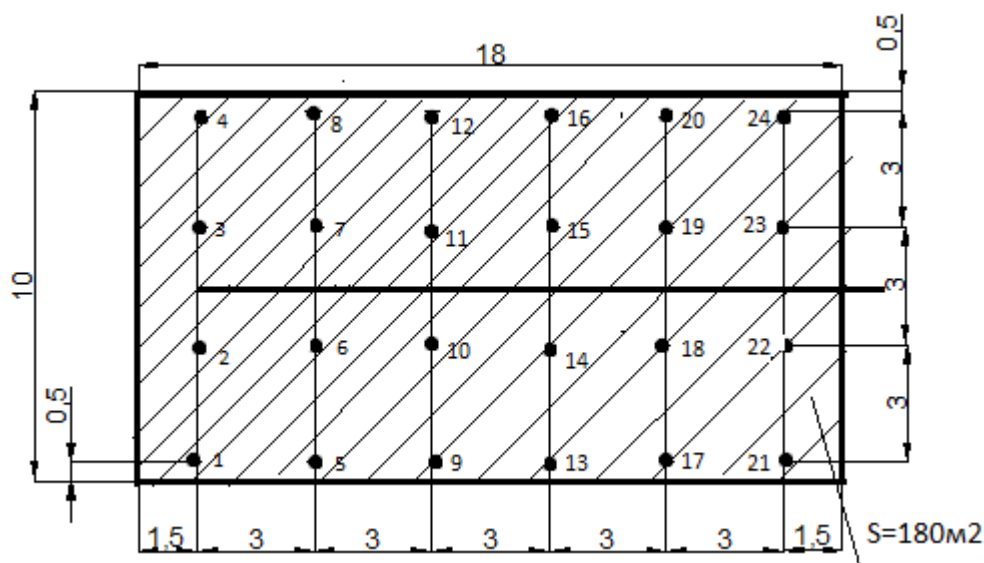


Рисунок 8 – Распределительная сеть с четырьмя оросителями

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР

Лист

52

Гидравлический расчет

В качестве диктующего оросителя выберем наиболее удаленный от водопитателя – ороситель №1.

Расход воды на участке 1-2 будет равен расходу на диктующем оросителе, определяемый по формуле:

$$Q = 10 \cdot K \cdot \sqrt{P}, \quad (18)$$

где Q – расход ОТВ через диктующий ороситель, л/с;

K – коэффициент производительности оросителя, принимаемый по технической документации на изделие, л/(с·МПа^{0,5});

P – давление перед оросителем, МПа.

Давление перед оросителем выберем по паспорту универсального спринклерного пенного оросителя – СПУ15 [24], для необходимой интенсивности орошения оно составит 0,25 Мпа.

$$Q_{1-2} = Q_1 = 10 \cdot 0,74 \cdot \sqrt{0,25} = 3,7 \text{ л/с.}$$

Зададим скорость потока жидкости 4 м/с.

Диаметр трубопровода на участке 1-2 определим по формуле 19.

$$d = 1000 \sqrt{\frac{4Q_{1-2}}{\pi \cdot \mu \cdot v}}, \quad (19)$$

где d – диаметр между первым и вторым оросителями трубопровода, мм;

μ – коэффициент расхода;

v – скорость движения воды (не должна превышать 10 м/с).

$$d = 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1 \cdot 4}} = 34,3 \text{ мм.}$$

Согласно В.2.4 [13] полученное значение необходимо увеличить до ближайшего, приведенного в ГОСТ 28338–89 «Соединения трубопроводов и арматура. Номинальные диаметры» [7]. Тогда d_{1-2} примем равным 40 мм.

Потери давление на участке 1–2 определяются формулой:

$$P = \frac{Q^2 \cdot L}{100 \cdot K_T}, \quad (20)$$

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

где Q – суммарный расход ОТВ оросителей на участке;

L – длина участка, м;

K_T – удельная характеристика трубопровода л⁶/с².

$$P_{1-2} = \frac{3,7^2 \cdot 3}{100 \cdot 28,7} = 0,0143 \text{ МПа.}$$

Давление на втором оросителе вычислим по формуле (21).

$$P = P_1 + P_L, \quad (21)$$

где P_1 – давление на диктующем оросителе 1, Мпа;

P_L – давление на участке L .

$$P_2 = 0,25 + 0,0143 = 0,264 \text{ МПа.}$$

Определим расход ОТВ на оросителе №2:

$$Q_2 = 10 \cdot 0,74 \cdot \sqrt{0,264} = 3,8 \text{ л/с.}$$

Расход на участке 2-3 составит:

$$Q_{2-3} = 3,7 + 3,8 = 7,5 \text{ л/с.}$$

Скорость на участке 2–3 определяем по формуле (22).

$$v = \frac{4 \cdot Q_{2-3}}{\pi \cdot \mu \cdot d_{2-3}^2}, \quad (22)$$

$$v_{2-3} = \frac{4 \cdot 7,5}{3,14 \cdot 1 \cdot 40^2} = 5,97 \text{ м/с}$$

Рассчитаем потери давления на участке 2–3 по формуле (12):

$$P_{2-3} = \frac{7,5^2 \cdot 1,5}{100 \cdot 28,7} = 0,029 \text{ МПа.}$$

Так как правая ветвь ряда симметрична левой, то расход для этой ветки будет равен расходу левой ветви. Тогда для ряда 1 имеем давление:

$$P_1 = 0,264 + 0,029 = 0,293 \text{ МПа.}$$

и расход:

$$Q_1 = 2 \cdot 7,5 = 15 \text{ л/с.}$$

Определим диаметр питающего трубопровода формуле (19):

$$d = 1000 \sqrt{\frac{4 \cdot 15}{3,14 \cdot 1 \cdot 5,97}} = 56,7 \text{ мм.}$$

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

Диаметр питающего трубопровода выберем 65 мм, $K_T=572$ [11].

Гидравлическую характеристику рядков, выполненных конструктивно одинаково, определяют по обобщенной характеристике расчетного участка трубопровода [14].

Обобщенную характеристику рядка I определяем по формуле (23).

$$B_{P1} = \frac{Q_I^2}{P_I} \quad (23)$$
$$B_{P1} = \frac{15^2}{0,293} = 767,92.$$

Определим потери давления на участке I – II:

$$P_{I-II} = \frac{15^2 \cdot 3}{100 \cdot 572} = 0,018 \text{ МПа.}$$

Далее определим давление в точке II:

$$P_{II} = 0,293 + 0,018 = 0,311 \text{ МПа.}$$

Расход воды из рядка II определяют по формуле (24):

$$Q_{II} = \sqrt{B_{P1} P_{II}} \quad (24)$$
$$Q_{II} = \sqrt{767,92 \cdot 0,311} = 15,45 \text{ л/с.}$$

Расчет всех последующих рядков до получения расчетного (фактического) расхода воды и соответствующего ему давления ведется аналогично расчету рядка II.

Для рядка III определим давление и расход воды:

$$P_{III} = 0,311 + 0,018 = 0,329 \text{ МПа.}$$
$$Q_{III} = \sqrt{767,92 \cdot 0,329} = 15,89 \text{ л/с.}$$

Для рядка IV определим давление и расход воды:

$$P_{IV} = 0,329 + 0,018 = 0,347 \text{ МПа.}$$
$$Q_{IV} = \sqrt{767,92 \cdot 0,347} = 16,32 \text{ л/с.}$$

Для рядка V определим давление и расход воды:

$$P_V = 0,347 + 0,018 = 0,365 \text{ МПа.}$$
$$Q_V = \sqrt{767,92 \cdot 0,365} = 16,74 \text{ л/с.}$$

Определим фактический расход воды и соответствующее ему давление:

$$P_{VI} = 0,365 + 0,018 = 0,383 \text{ МПа.}$$

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

$$Q_{VI} = \sqrt{767,92 \cdot 0,383} = 17,15 \text{ л/с.}$$

Расчет спринклерных АУП проводится из условия:

$$Q_n \leq Q_c,$$

где Q_n – нормативный расход спринклерной АУП;

Q_c – фактический расход спринклерной АУП.

$$65 \text{ л/с} \leq 17,15 \text{ л/с.}$$

Количество оросителей, обеспечивающих фактический расход спринклерной установки пенного пожаротушения с интенсивностью орошения не менее нормативной, должно быть не менее:

$$n \geq \frac{S}{\Omega},$$

где n – минимальное количество оросителей, обеспечивающих фактический расход всех типов оросителей установки с интенсивностью не менее нормативной;

S – минимальная площадь орошения;

Ω – условная расчетная площадь, защищаемая одним оросителем, равная квадрату расстояния между ними (в нашем случае 16 м^2).

Минимальное количество оросителей, обеспечивающих фактический расход, составит:

$$n = \frac{180}{9} = 20.$$

Таким образом, спроектированных 24 оросителя достаточно для обеспечения фактического расхода.

В общем случае требуемое давление пожарного насоса складывается из следующих составляющих:

$$P_n = P_r + P_v + \sum P_m + P_{yy} + P_d + Z - P_{vx} = P_{tr} - P_{vx}, \quad (25)$$

где P_n – требуемое давление пожарного насоса, МПа;

P_r – потери давления на горизонтальном участке трубопровода, МПа;

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

P_B – потери давления на вертикальном участке трубопровода, МПа;

P_M – потери давления в местных сопротивлениях, МПа;

P_{yy} – местные сопротивления в узле управления (сигнальном клапане, за движках, затворах), МПа;

P_D – давление у диктующего оросителя, МПа;

Z – пьезометрическое давление (геометрическая высота диктующего оросителя над осью пожарного насоса), МПа;

$P_{вх}$ – давление на входе пожарного насоса, МПа;

$P_{тр}$ – давление требуемое, МПа.

Гидравлические потери давления в диктующем питающем трубопроводе определяют суммированием гидравлических потерь на отдельных участках трубопровода по формуле:

$$\Delta P = Q^2 \cdot L_i / 100 \cdot K_T, \quad (26)$$

где Q – расход огнетушащего вещества, л/с;

L_i – длина участка, м.

Потери давления в узлах управления спринклерных установок, определяется по формуле:

$$P_{yy} = \xi_{yy} \cdot \rho \cdot Q^2, \quad (27)$$

где ξ_{yy} – коэффициент потерь давления в узле управления;

ρ – плотность воды, кг/м³;

Q – расчетный расход пенообразователя через узел управления, м³/ч.

Согласно пункту В.3.14 местные сопротивления (в том числе с учетом потерь в узле управления) можно принять равным 20 % сопротивления сети трубопровод. При этом вязкость раствора пенообразователя учитываться не будет, так как концентрация пенообразователя не превышает 10 %.

Определим потери давления на горизонтальном участке трубопровода:

$$P_T = 17,5^2 \cdot 5 / 100 \cdot 572 = 0,003 \text{ МПа.}$$

Определим потери давления на вертикальном участке трубопровода:

$$P_B = 17,5^2 \cdot 4,7 / 100 \cdot 572 = 0,0028 \text{ МПа.}$$

Местные сопротивления (с учетом потерь в узле управления) составят 20 % от 0,816 и будут равны 0,016 МПа.

Пьезометрическое давление Z составит 0,047 (высота 4,7 м).

Давление на входе пожарного насоса примем по НЦПН равное 0,59 МПа.

Найдем требуемое давление пожарного насоса:

$$P_n = 0,003 + 0,0028 + 0,016 + 0,047 + 0,59 + 0,25 = 0,9 \text{ МПа.}$$

Таким образом, для обеспечения требуемого напора воды выберем насос НЦПН-40/100, технические характеристики которого приведены в таблице 4.

Таблица 4 – технические характеристики НЦПН-40/100

Наименование параметра	Значение
1. Тип насоса	Центробежный
2. Параметры насоса:	
2.1 Номинальная частота вращений приводного вала насоса, об/мин	2700
2.2 Напор в номинальном режиме, м, не менее	105
2.3 Номинальная подача, л/с	40
2.4 Максимальная подача при номинальной частоте вращения и напоре 100 м, л/с, не менее	50
2.5 Потребляемая мощность при номинальной подаче 40 л/с и напоре 100 м, л/с, не более	82
2.6 Потребляемая мощность при подаче 50 л/с и напоре 100 м, л/с, не более	105
2.7 Коэффициент полезного действия в номинальном режиме, не менее	0,65
2.8 Максимальное давление на входе насоса, кгс/см ²	6
2.9 Максимальное давление на выходе, кгс/см ²	15
2.10 Наибольшая геометрическая высота всасывания, м	7,5
2.11 Подача насоса при наибольшей геометрической высоте всасывания и номинальном напоре, л/с, не менее	20
2.12 Количество и условный диаметр всасывающих патрубков	1 / 125
2.13 Количество и условный диаметр напорных патрубков	2 / 70

Определим требуемый объем воды на нужды пожаротушения из условия подачи воды в течение 1 часа с интенсивностью 17,15 л/с:

$$V_B = 17,15 \cdot 3600 = 63000 \text{ л} = 63 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем необходимый объем раствора пенообразователя на нужды пожаротушения по формуле:

$$V_n = \frac{K_2 \cdot V}{K_3}, \quad (28)$$

где K_2 – коэффициент разрушения пены (при тушении жидких веществ $K_2 = 4$);

V – объем необходимый на нужды пожаротушения, m^3 ;

K_3 – кратность пены (15).

Получим:

$$V_{п} = \frac{4 \cdot 63}{15} = 16,8 \text{ м}^3 .$$

Ввиду того, что необходимо организовать 100 % запас пенообразователя, то общий объем пенообразователя составит $33,6 \text{ м}^3$.

5.2 Расчет легкобрасываемых конструкций

Исходные данные [9]:

- нормальная скорость горения Γ – $0,478 \text{ м/с}$;
- максимальная степень расширения продуктов горения Ξ – 8 ;
- стехиометрическая концентрация C для обращающегося в производстве газа – $2,68 \text{ г/м}^3$.

Расчет ЛСК

Определяем объем взрывоопасной смеси по формуле (29) [9]:

$$B = E/C , \quad (29)$$

где E – количество поступивших в помещение веществ по данным для расчета;

C – стехиометрическая концентрация взрывоопасной смеси, $г/м^3$.

$$B = 40,7/2,68 = 15,2$$

Определяем процент заполнения объема помещения взрывоопасной смесью по формуле (30):

$$\beta = (B/P) \cdot 100\% , \quad (30)$$

где P – объем помещения, $м^3$.

$$B = (15,2/180) \cdot 100\% = 8,44 \%$$

По приложению 2 принимается коэффициент заполнения объема помещения взрывоопасной смесью.

Найдем расчетную степень расширения продуктов горения по формуле (31):

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

$$\mathcal{E}_p = \mathcal{E} \cdot \alpha + 1, \quad (31)$$

где \mathcal{E} – максимальная степень расширения продуктов горения;

α – коэффициент заполнения объема помещения взрывоопасной смесью (по приложению Б [14] 0,41).

$$\mathcal{E}_p = 8 \cdot 0,41 + 1 = 4,28.$$

Определим воздействие взрыва на оконное стекло по формуле (32):

$$P_p^{cm} = P^{cm} \cdot Y, \quad (32)$$

где $P^{ст}$ – воздействие взрыва, кгс/м², разрушающее стекло 3 мм, принимаем 250;

Y – коэффициент условий работы при двойном остеклении с соотношением сторон 1:2, принимаем 1,25.

$$P_p^{cm} = 110 \cdot 1,25 = 137,5$$

Рассчитаем требуемую площадь остекления на 1 м³ объема помещения:

$$K_{ст} = \frac{0,0032 \cdot \Gamma \cdot \mathcal{E}_p \cdot \sqrt[3]{(\mathcal{E}_p - 1) \cdot (P_p^{cm} + P_0)}}{\sqrt{P_p^{cm}} \cdot \sqrt[3]{P_p^{cm} \cdot \Pi}}, \quad (33)$$

где P_0 – атмосферное давление, равное 10⁴ кгс/м².

$$K_{ст} = \frac{0,0032 \cdot 0,478 \cdot 4,28 \sqrt[3]{(4,28 - 1)(137,5 + 10^4)}}{\sqrt{137,5} \cdot \sqrt[3]{137,5 \cdot 180}}$$

Определим требуемую площадь остекления по формуле:

$$\Phi_{тр}^{cm} = K^{cm} \cdot \Pi, \quad (34)$$

Требуемая площадь остекления составит:

$$\Phi_{тр} = 0,017 \cdot 180 = 3,06 \text{ м}^2.$$

Согласно СНиП 31-03-2001 [10] в помещениях категории А по взрывопожарной и пожарной опасности оконное стекло может выступать в качестве легкобросываемой конструкции при площади не менее 0,8 м² (для стекла 3 мм). Таким образом, полученное значение площади остекления соответствует нормативным требованиям.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

5.3 Способы обеспечения пожарной безопасности при проведении технологического процесса производства сырого бензола

Устойчивая, безаварийная и безопасная работа производственных объектов зависит от конструкции и надежности эксплуатируемого оборудования, наличия и исправности контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, и во многом от наличия и эффективности систем противоаварийной, активной и пассивной противопожарной защиты.

Пожарная безопасность технологического процесса в значительной степени определяется организационно-техническими мероприятиями, к которым можно отнести: уровень организации профилактической работы, своевременность и качество планово-предупредительных ремонтов оборудования и приборов, подготовленность и практические навыки персонала предприятия, система надзора за состоянием технических средств противоаварийной и противопожарной систем [3].

Таким образом, пожаровзрывобезопасность производственных объектов в значительной мере достигается предупреждением повреждений и разрушений технологического оборудования, что обеспечивается одним из следующих способов или из комбинаций:

- соблюдением технологического регламента ведения производственного процесса и техники безопасности;
- осуществление контроля над геометрическими характеристиками технологического оборудования;
- проведением плановых ремонтных работ, дефектоскопии и рентгеноскопии наиболее ответственных технологических аппаратов, сооружений;
- соблюдением температурных режимов давления при эксплуатации технологического оборудования;
- оснащением аппаратов независимыми измерительными приборами давления;

- регулированием скорости наполнения и опорожнения емкостных аппаратов с сырым бензолом и другими легковоспламеняющимися жидкостями;
- обеспечением возможности перекачки продуктов из одного аппарата в другой при возникновении аварийной ситуации;
- применением устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, установкой отключающих, отсекающих и других подобных устройств, предохранительных клапанов и разрывных мембран;
- применением антикоррозионной защиты оборудования;
- применением прокладочных и уплотняющих материалов, обладающих упругостью и стойкостью при рабочих температурах в агрессивных средах;
- применением огнепреграждающих устройств (искрогасителей, огнепреградителей);
- установкой в местах возможного образования зон ВОК датчиков дозврывоопасных концентраций с автоматическим отключением побудителей расхода жидкостей и выводом сигнала о нарушении технологического процесса на пульт управления технологическим процессом.

Данный перечень является лишь небольшой частью, способствующей обеспечению пожарной безопасности при проведении технологического процесса производства в таком крупном предприятии как ООО «Мечел-кокс». Не стоит забывать об обязательном выполнении требований действующих норм, правил и стандартов в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для современного уровня развития коксо-химической промышленности характерны значительные объемы взрывопожароопасных и токсичных продуктов, находящихся в технологической аппаратуре, хранилищах и базисных складах, поэтому на территории предприятия должны приниматься всесторонние меры по предупреждению утечки и выбросов этих продуктов, пожаров и взрывов.

В результате разработки выпускной квалификационной работы был изучен технологический процесс производства сырого бензола на территории ООО «Мечел-кокс». Исследована пожаровзрывоопасность веществ и материалов, производимых и используемых в качестве сырья, а также технологического оборудования бензольного отделения цеха улавливания.

При оценке опасности возможных чрезвычайных ситуаций была рассмотрена наиболее опасная, которая может возникнуть в рамках производства сырого бензола.

По результатам расчета критериев пожаровзрывоопасности помещения аппаратной бензольного отделения избыточное давление взрыва при мгновенной разгерметизации разделительной колонны составило 11,47 кПа, зона, ограниченная нижним концентрационным пределом $R_{нкпр} = 20,13$ м, интенсивность теплового излучения $q = 53$ кВт/м. Помещения решёферов и аппаратов отнесены к категории повышенной взрывопожароопасности – А.

Для обеспечения пожарной безопасности рассматриваемого технологического процесса для помещений повышенной взрывопожароопасности была спроектирована автоматическая установка пенного пожаротушения и легкобрасываемые конструкции, разработаны мероприятия для предупреждения и локализации пожара.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. от 13.07.2015г.).
2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 № 69 (ред. от 12.03.2014) «О пожарной безопасности».
3. Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390 «Правила противопожарного режима в Российской Федерации» (в ред. от 06.04.2016г.).
4. ГОСТ 12.1.044–89 (ИСО 4589-84). Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения" (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 12.12.1989 N 3683).
5. ГОСТ Р 12.3.047–12. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля (утв. и введены в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 N 1971-ст).
6. ГОСТ 19433–88. Грузы опасные. Классификация и маркировка" (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 19.08.1988 N 2957) (ред. от 01.09.1992).
7. ГОСТ 28338 – 89. Государственный стандарт Союза ССР. Соединения трубопроводов и арматура. Номинальные диаметры. Ряды" (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 21.11.1989 N 3415) (ред. от 30.11.2010 г.).
8. НПБ 23–2001. Нормы пожарной безопасности. Пожарная опасность технологических сред. Номенклатура показателей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 4 с.
9. СН 502–77. Строительные нормы. Инструкция по определению площади легкобрасываемых конструкций» (утв. Постановлением Госстроя СССР от 16 декабря 1977 г. № 208).
10. СНИП 31–03–2001. Производственные здания (утв. Постановлением Госстроя РФ от 19 марта 2001 г. № 20) (ред. от 18.08.2016 г.).
11. СНИП 41–01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование (утв. Постановлением Госстроя РФ от 26 июня 2003 г. № 115).

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

12. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (утв. приказом МЧС России от 09 декабря 2010 г. № 639) (изменения введены в действие с 09.12.2010 г.).

13. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (изменения введены в действие с 20.06.2011 г.).

14. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования (утв. приказом МЧС России от 21 февраля 2013 года № 116) (изменения введены в действие с 3.07.2016 года).

15. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 182 (в ред. Изменения № 1 утв. Приказом МЧС РФ от 09.12.2010 № 643)).

16. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. А.М. Меламед М.: НЦ ЭНАС. 2011. – 552 с.

17. Баратов, А.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное пособие: в 3 т. /А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко. – М.: Химия, 1990. – Т. 1. – 384 с., Т. 2. – 496 с.

18. Башлай, З.И. Оборудование цехов улавливания и переработки продуктов коксования / З.И. Башлай, Е.Л. Волков, Я.Л. Горелик. – М.: Metallurgy, 1992. – 255 с.

19. Гордон, А. Спутник химика: учебник /А. Гордон, Р. Форд. – М: Изд-во «Мир», 1976. – 541 с.

20. Кауфман А.А. Мастер коксового производства. - Екатеринбург: ВУХИН, 2002. – 228 с.

21. Коробчанский В.И., Филоненко Ю.Я., Гребешок А.С. Альбом технологических схем улавливания химических продуктов коксохимических предприятий. Учебное пособие. Липецк.: - Изд.ЛЭГИ,1999. – 74 с.

22. Лоханский, И.И. Основы коксования и улавливания побочных продуктов. – Л.: НХТИ, 1930. – 370 с.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

23. Мешман Л.М., Цариченко С.Г., Былинкин В.А., Алешин В.В., Губин Р.Ю.. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения. Учебно-методическое пособие. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2002. – 404 с.

24. Ороситель пенный универсальный. – М.: ЗАО «ПО «Спецавтоматика».

25. Руководство по коксованию. Под редакцией Гроскинского О. – М.: Металлургия, 1966. – 600 с.

26. Справочник по химии и технологии твердых горючих ископаемых /Под ред. А.Н. Чистякова. – СПб.: СПГТИ, 1996. – 363 с.

27. Технологическая инструкция цеха улавливания №1 ООО «Мечел-кокс» – 190 с.

28. Ткачев В.С. Оборудование коксохимических заводов /В.С. Ткачев, М.А. Остапенко. – М.: Металлургия, 1983. – 359с.

29. http://www.mechel.ru/sector/mining/mechel_koks.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66