Аннотация

Выпускная квалификационная работа:

Рассмотрен метод повышения эффективности экстракционной колонны на установке селективной очистки масел фенолом, оснащенной насадками из колец Рашига, путем замены их на более эффективные насадочные устройства пленочного типа «ИМПА Инжиниринг».

В работе произведен расчет материального, теплового баланса, экономической части, расчет вспомогательного оборудования, рассмотрена охрана труда и окружающей среды, показана автоматизация оборудования, выполнена графическая часть проекта.

Ключевые слова: ЭКСТРАКЦИЯ, КОНТАКТНЫЕ УСТРОЙСТВА, ЭКСТРАКЦИОННАЯ КОЛОННА, РЕГЕНЕРАЦИЯ, МАСЛЯННЫЕ ДИСТИЛЛЯТЫ, РАФИНАТ, ЭКСТРАКТ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение …….7

1. Аналитический обзор……..…….8

1.1. Селективная очистка масел избирательными растворителями……..….8

1.2. Принципы реконструкции установок селективной очистки масел ……..10

1.3. Типы контактирующих устройств экстракционной колонны……..….11

1.4. Постановка цели и задачи дипломного проектирования ….....13

2. Технологическая часть……..18

2.1. Назначение и теоретические основы селективной очистки масел фенолом…….……18

2.2. Характеристика качества сырья и готовой продукции. Применение готовой продукции……22

2.3. Описание технологической схемы 37/1-4…….……..34

2.4. Нормы технологического режима……...….40

3. Расчетная часть……...…48

3.1. Материальный баланс процесса селективной очистки масел……....48

3.2. Материальный и тепловой баланс экстракционной колонны К-8…..……51

3.3. Расчет конструктивных размеров экстракционной колонны К-8……..58

3.4. Расчет теплообменного аппарата……..60

3.5. Расчет гидравлического сопротивления насадок……..…..61

4. Автоматизация и АСУТП…….…….70

4.1. Основные принципы АСУТП……70

4.2. Общая характеристика АСУТП. Назначение, цель, функции и состав АСУТП……...……74

4.3. АСУТП нефтепереработки и нефтехимии…….……77

4.4. АСУТП блока экстракции установки селективной очистки масел фенолом……..80

5. Безопасность жизнедеятельности…….……82

5.1. Охрана труда……...……82

5.2. Пожарная безопасность……...……..87
6. Охрана окружающей среды……..…….92
6.1. Виды и источники загрязнения……...……..92
6.2. Выбросы вредных веществ установки селективной очистки масел фенолом……..96
6.3. Методы снижения выбросов на производстве……..104
7. Экономический часть……...108
7.1. Расчёт стоимости основных производственных фондов……..108
7.2. Расчёт численности и годового фонда заработной платы……112
7.3. Расчёт себестоимости продукции…….……..120
7.4. Расчёт технико – экономических показателей……..127
Заключение……...……..132
Список литературы……..…….133
Приложения……135

ВВЕДЕНИЕ

Многие крупные нефтеперерабатывающие заводы Российской Федерации, в том числе и Омский завод смазочных материалов, были построены и пущены в эксплуатацию ещё в 50 – 60 г.г. прошлого столетия. Высокая изношенность оборудования, устаревшая технология процессов повышает себестоимость производимой продукции, отрицательно сказывается на её качестве. Всё это в конечном итоге снижает конкурентоспособность отечественных нефтепродуктов по сравнению с зарубежными. Поэтому в настоящее время отечественная нефтепереработка остро нуждается в обновлении мощностей.

Это в полной мере относится и к производству таких высокотехнологичных нефтепродуктов, как минеральные масла. Производство высококачественных минеральных масел требует наличия целого комплекса технологических процессов, связанных выделением масляных фракций и их очистки различными избирательными растворителями. Основные технико-экономические показатели процессов производства масел такие, как величина отбора целевых продуктов, их качество, кратность растворителя к сырью и др., в значительной степени определяются эффективностью работы используемого массообменного оборудования.

Цель выпускной квалификационной работы

Повысить эффективность экстракционной колонны на установке селективной очистки масел фенолом, путем замены существующих контактных устройств типа колец Рашига на более эффективные насадочные устройства пленочного типа «ИМПА Инжиниринг».

Задачи выпускной квалификационной работы

- изучить теоретические основы процесса селективной очистки масел фенолом, характеристику качества сырья, материалов и готовой продукции, описание технологической схемы.

- рассчитать материальный и тепловой баланс процесса селективной очистки масел, экстракционной колонны,

- рассчитать гидравлическое сопротивление насадок

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1. Селективная очистка масел избирательными растворителями

Повышение технологических показателей процесса селективной очистки масел идёт по пути совершенствования технологии процесса, выбора эффективного растворителя, модернизации применяемых аппаратов, оборудования, в том числе контактных устройств экстракционных колонн. Технико-экономические показатели селективной очистки масел в значительной мере определяются выбором растворителя. Основными промышленными растворителями селективной очистки у нас в России и за рубежом являются фенол и фурфурол. Установки очистки нефтяных фракций фурфуролом состоят из следующих секций: деаэрации сырья; экстракции сырья фурфуролом; регенерации растворителя из рафинатного раствора; регенерации растворителя из экстрактного раствора; регенерации фурфурола из смесей его с водой. На нефтеперерабатывающих заводах действуют как однопоточные, так и укрупненные комбинированные (двухпоточные) установки. Мощность однопоточных установок по сырью— 1000—1500 т/сут; укрупненных комбинированных установок— до 3000 т/сут. В качестве экстракционных аппаратов используют экстракционные колонны и роторно-дисковые контакторы.

В отличие от однопоточной укрупненная комбинированная установка имеет по две секции деаэрации и экстракции, две секции регенерации фурфурола из рафинатных растворов (что позволяет очищать сырье одного или одновременно двух видов) и одну секцию регенерации растворителя из экстрактных растворов. Двухпоточные установки по сравнению с однопоточными более экономичны по себестоимости продукции, повышенной производительности труда и т. д. К недостаткам укрупненных комбинированных установок следует отнести получение экстракта широкого

фракционного состава в случае очистки дистиллятного сырья на одном блоке установки, а остаточного сырья — на другом, что усложняет утилизацию экстракта. Фенол, в силу своей более высокой растворяющей способности по сравнению с фурфуролом, позволяет получать масла высокого качества из сырья более низкого качества. Основными недостатками фенола являются его пониженная по сравнению с фурфуролом селективность, склонность к образованию стойких эмульсий в процессе экстракции и высокая токсичность.

Наиболее перспективным из новых растворителей селективной очистки масел является N-метилпирролидон. N-метилпирролидон имеет высокую растворяющую способность, селективность, гидролитическую и термическую стабильность, низкую коррозионность, малую токсичность. По данным исследований применение N-метилпирролидона позволяет по сравнению с фенолом на 4 – 5 % увеличить выход дистиллятных и остаточных рафинатов при сохранении качества рафинатов на постоянном уровне. Промышленные процессы селективной очистки масел с использованием N-метилпирролидона разработаны фирмами «Тексако» и «Экссон» (США) и внедрены более чем на 20 установках селективной очистки взамен фенола и фурфурола . В нашей стране также начали переводить многие установки селективной очистки масел фенолом на новый растворитель N-метилпирролидон [1].

При производстве остаточных масел у нас в России и за рубежом применяется процесс очистки парными растворителями (дуосол-процесс), который сочетает деасфальтизацию пропаном и селективную очистку смесью крезолов и фенола. Этот процесс широко применяется за рубежом. В России имеется только одна действующая установка дуосол-очистки на ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефте-ереработка». Сопоставление результатов получения остаточных масел на ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», по разным схемам показала, что дуосол-процесс позволяет увеличить выход авиационных и дизельных масел в 1,5 –

1,8 раза по сравнению с обычной схемой деасфальтизация гудрона – фенольная очистка деасфальтизата при одинаковом индексе вязкости получаемых масел. Однако следует отметить высокие энергозатраты дуосол-процесса, сложность проведения технологического процесса и экологическую опасность данного процесса.

1.2. Принципы реконструкции установок селективной очистки масел

В настоящее время отечественная нефтепереработка остро нуждается в обновлении мощностей. Высокая изношенность оборудования, несовершенная технология снижает конкурентоспособность отечественных нефтепродуктов по сравнению с зарубежными. В результате в России резко сократились объёмы производства высокотехнологичных нефтепродуктов.

К таким нефтепродуктам, производство которых требует наличие целого комплекса сложных технологических процессов, в полной мере относятся и минеральные масла. Из-за резкого снижения спроса на отечественные минеральные масла на ряде крупных НПЗ России были остановлены масляные производства.

В связи с существующим положением в последние годы крупные нефтяные компании России начали предпринимать усилия, направленные на улучшение технической оснащенности нефтеперерабатывающих заводов. Активно начали внедряться различные технико-технологические мероприятия, предлагаемые отечественными разработчиками по снижению энергоёмкости процессов, улучшению экологии и др.

На установках селективной очистки активно развивается тенденция по замене фенола на более экологически безопасный растворитель N-метилпирролидон, а также по замене контактных устройств на более эффективные.

1.3. Типы контактирующих устройств экстракционной колонны

Степень очистки масляных дистиллятов избирательными растворителями в значительной мере определяется эффективностью работы контактирующих устройств экстракционной колонны. Насадки представляют собой твердые тела различной формы, которые загружают в корпус колонны навалом или укладывают определенным образом. Развитая поверхность насадок создает эффективную поверхность контакта пара и жидкости.

Применяемые в колоннах насадки можно подразделить на два типа: регулярные (правильно уложенные) и беспорядочные (засыпаемые внавал) насадки. К регулярным относятся хордовая, кольцевая (при правильной укладке) и блочная насадки. К беспорядочным относятся кольцевая (при загрузке внавал), седлообразная и кусковая насадки. Кроме того, используют специальные типы насадок, которые тоже могут быть регулярными и беспорядочными. Относительно выбора материала насадки можно сказать следующее. Металлическая насадка применяется в тех случаях, когда возможно отложение осадка и необходима частая чистка аппарата (в особенности, это касается насадки сложной конфигурации), а также в вакуумных колоннах, поскольку металлическая насадка имеет значительно больший свободный объем по сравнению с фарфоровой и керамической насадкой. Фарфоровая и керамическая насадки применяются в тех случаях, когда не требуется частой чистки аппарата или при разделении смесей, оказывающих коррозионное действие на материал насадки. Графит и различные пластики целесообразно применять при переработке высоко агрессивного сырья. Насадки из пластиков можно применять лишь при невысокой температуре в колонне [7].

Аппараты колонного типа различаются по типу применяемых контактных устройств: насадок или тарелок различных конструкций. В экстракционных колоннах на многих установках селективной очистки масел в России и за рубежом контакт фаз осуществляется в объеме насадки из

колец Рашига размером 25х25 мм. Насадки укладываются секциями высотой от 1,2 до 3 м, число секций 8 – 10. Между секциями насадки имеются распределительные тарелки, способствующие более равномерному распределению потоков по сечению колонны. Ввод растворителя, сырья и рециркулята, в качестве которого обычно используют экстрактный раствор, осуществляют через специальные маточники.

В экстракционных колоннах первых установок пропановой деасфальтизации также в качестве контактных устройств были установлены кольца Рашига. Первые годы эксплуатации таких установок выявили ряд существенных недостатков таких насадок, главными из которых являются склонность к «закоксовыванию» и сложность их очистки от коксовых отложений. Поэтому вскоре на всех установках пропановой деасфальтизации насадки из колец Рашига были заменены на жалюзийные тарелки.

Большое распространение получили также тарельчатые экстракционные колонны с ситчатыми и жалюзийными тарелками. В экстракционных колоннах большинства установок деасфальтизации пропаном на НПЗ России применяются жалюзийные тарелки. Жалюзийная тарелка состоит из наклонно поставленных пластин шириной 8 – 10 см с промежутком между пластинами 5 – 7 см. Эффективность жалюзийных тарелок низкая по сравнению с эффективностью тарелок и насадок других типов, однако конструкция их очень простая. Главными их достоинствами по сравнению с кольцами Рашига являются их меньшая склонность к «закоксовыванию» и простота очистки от коксовых отложений при профилактических остановках установки.

На большинстве установок селективной очистки процесс экстракции осуществляется в колоннах, оснащенных насадками из колец Рашига, которые из-за низкой эффективности контакта фаз не обеспечивают требуемой глубины извлечения низкоиндексных компонентов из очищаемого сырья. Глубина извлечения масляных компонентов при использовании экстракционных колонн с насадками из колец Рашига при одноступенчатой

экстракции составляет всего 85 – 90 % масс. от их потенциала в сырье. В последние годы на установках деасфальтизации гудрона и селективной очистки на Российских НПЗ наметилась тенденция по усовершенствованию массообменных устройств. При этом наиболее широкое применение нашли новые контактные устройства – регулярные насадки пленочного типа, разработанные специалистами ООО «ИМПА Инжиниринг» под руководством профессора Зиганшина Г.К. Разработаны контактные устройства нескольких типов, при этом каждый тип имеет несколько модификаций, отличающихся схемой движения потоков, пропускной способностью по каждой из взаимодействующих фаз [3,4].

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Назначение и теоретические основы селективной очистки масел фенолом

Установка селективной очистки масел 37/1 № 4 предназначена для очистки избирательным растворителем фенолом масляных дистиллятов установок АВТ и деасфальтизатов 1 и 2 ступени с целью получения рафинатов, которые после процессов депарафинизации являются компонентами различных видов товарных масел.

В остатке после фенольной очистки получается экстракт. Экстракты, получаемые на установке, используются для приготовления нефтяных пластификаторов ПН-6, экстракта марки А, в качестве сырья для производства масла-теплоносителя МТ-300 Ом, в качестве сырья для установки каталитического крекинга. Экстракт используется для прокачек гудроновых, асфальтовых трубопроводов на установках деасфальтизации.

Год ввода в действие установки 37/1 № 4 - 1959.

Проектная организация – Гипронефтезавод.

Проектная производительность по сырью:

- дистиллят масляный 3,4 погон – 300 тн/сут;
- деасфальтизат 1, 2 ступени – 192 тн/сут.

Установка состоит из следующих отделений:

1. Отделение экстракции;
2. Отделение регенерации фенола из рафинатного раствора;
3. Отделение регенерации фенола из экстрактного раствора;
4. Топливного кольца.

Количество технологических линий (потоков) на установке - 1.

Процесс селективной очистки прост в аппаратурном оформлении, основан на принципе экстракции, не связан с химическими превращениями веществ и

применением катализаторов.

На установке селективной очистки масел осуществляется экстрактивная очистка нефтепродуктов селективным растворителем – фенолом.

Экстракция – это процесс извлечения одного или нескольких компонентов из раствора с помощью селективного растворителя, называемого экстрагентом. При этом извлекаемые компоненты переходят из одной жидкой фазы в другую.

Процесс селективной очистки масел предназначен для удаления из масляных дистиллятов и деасфальтизатов смолистых веществ и полициклических ароматических и нафтено-ароматических углеводородов с короткими боковыми цепями, а также серосодержащих и металлорганических соединений. В этом процессе закладываются такие важнейшие эксплуатационные характеристики масел, как вязкостно-температурные свойства и стабильность против окисления. Эффективность селективной очистки обусловлена: качеством сырья, природой и расходом растворителя, температурой процесса, кратностью обработки [18].

Природа и расход растворителя

Выбор растворителя для селективной очистки обусловлен его природой, качеством исходного сырья и требованиями к качеству получаемого масла. Растворитель должен сочетать хорошую растворяющую способность с высокой избирательностью по отношению к компонентам масляных фракций, что обусловлено структурой его молекул, полярными и дисперсионными свойствами.

Селективность (избирательность) растворителя – это его способность растворять углеводороды только определенного строения и определенных свойств. Обратное понятие селективности – растворяющая способность или растворимость. Фенол более чётко отделяет парафино-нафтеновую часть сырья от ароматической, но в то же время менее избирателен по отношению к ароматическим углеводородам, различающимся по числу колец в молекуле

и числу атомов углерода в боковых цепях.

Фенол, обладая большими дисперсионными свойствами, растворяет больше парафино- нафтеновых и моноциклических ароматических углеводородов, переводя их в экстракт. Наряду с этим экстракты фенольной очистки отличаются и большим содержанием смолистых веществ, что приводит к получению рафината с более высоким индексом вязкости при меньшем его выходе.

Степень извлечения низкоиндексных компонентов зависит от расхода растворителя, определяемого сочетанием его растворяющей способности и избирательности, химическим составом сырья и требуемой степенью очистки. С повышением пределов выкипания масляных фракций в их составе увеличивается содержание полициклических ароматических и нафтено-ароматических углеводородов, а также смол и серосодержащих соединений, подлежащих удалению. Поэтому расход растворителя, необходимый для очистки, увеличивается по мере утяжеления сырья. В то же время при увеличении кратности растворителя к сырью выход рафината уменьшается, одновременно изменяются его химический состав, а следовательно, и свойства.

С увеличением расхода растворителя независимо от его природы выход рафината снижается, а его индекс вязкости растёт. Однако при практически одинаковой кратности растворителя к сырью выход рафината заметно ниже в случае очистки фенолом. Высокая растворяющая способность фенола при средней его избирательности приводит к большему извлечению смолистых веществ от их потенциального содержания в дистилляте и большему переходу в экстракт парафино-нафтеновых компонентов. Увеличение кратности растворителя к сырью приводит к потере ценных компонентов и не даёт возможности достаточно полно удалить смолистые вещества.

Высокая растворяющая способность фенола, приводящая к потере с экстрактом ценных компонентов масляных фракций и снижению чёткости разделения может быть уменьшена добавлением к фенолу воды. Её

количество определяется химическим составом исходного сырья и требованиями к готовому продукту. Чем выше пределы выкипания фракции одной и той же нефти, тем больше в её составе полициклических ароматических углеводородов и неуглеводородных компонентов, отрицательно влияющих на выход получаемого продукта, и, следовательно, тем меньше должен быть обводнен фенол. При очистке сырья, критическая температура растворения которого в феноле выше 85-100 ^{0}C, обычно применяют безводный фенол.

Температура процесса

Одним из основных параметров очистки масляного сырья избирательными растворителями является температура проведения процесса, выбор которой зависит от состава сырья, свойств растворителя и требуемой глубины очистки. В зависимости от температуры смешения образуется одна или две жидкие фазы. Минимальную температуру, при которой сырьё и растворитель образуют одну фазу, называют критической температурой растворения (КТР). В зависимости от характера сырья КТР резко меняется, так для облегченного сырья типа фр. 300-400 ^{0}C КТР колеблется от 50 до 60 ^{0}C, в то время как для фр. 320-500 ^{0}C КТР колеблется от 75-100 ^{0}C.

Для получения высокоиндексных масел при использовании фенола оптимальные результаты достигаются при температуре верха колонны примерно на 10 ^{0}C ниже КТР.

Экстракция осуществляется с определенным температурным перепадом (градиентом) между верхней и нижней частями экстракционной колонны. Температурный градиент экстракции составляет примерно 10 ^{0}C. Повышение температуры экстракции уменьшает выход рафината при одновременном улучшении его качества [18].

2.2. Характеристика качества сырья и готовой продукции.

Применение готовой продукции

Качество сырья

Характер исходного сырья, т.е. его фракционный и химический состав, предопределяют выбор растворителя и условия процесса. Масляные фракции разных нефтей различаются по содержанию высокоиндексных компонентов. В масляных фракциях нефтей парафино-нафтенового основания содержится больше малоциклических нафтеновых углеводородов с большим числом атомов углерода в боковых цепях, обеспечивающих высокий индекс вязкости масел, чем в соответствующих фракциях тяжелых высокоароматизированных нефтей. Что касается ароматических и нафтено-ароматических компонентов, то хорошими вязкостно-температурными свойствами обладают только те из них, которые содержат в молекуле не больше двух колец и имеют длинные боковые цепи. Полициклические углеводороды и смолистые вещества характеризуются отрицательными значениями индекса вязкости. Поэтому с точки зрения производства высокоиндексных масел лучшим сырьём являются фракции нефтей, нафтеновые и ароматические углеводороды которых обладают меньшей цикличностью.

Большое значение имеет фракционный состав сырья. С повышением пределов выкипания фракций одной и той же нефти растёт число колец в молекулах циклических углеводородов при одновременном увеличении числа атомов углерода в боковых цепях, что приводит к повышению их критической температуры растворения (КТР) в данном растворителе. Растворение же смолистых веществ и сероорганических соединений, содержание которых увеличивается с повышением температуры выкипания фракции, происходит при более низкой температуре экстракции. При очистке масляных фракций, выкипающих в широком интервале температур, вместе с

низкоиндексными компонентами удаляются и приближающиеся к ним по растворимости низкокипящие ценные углеводороды масляных фракций. В то же время из-за высокой КТР часть полициклических углеводородов остаётся в рафинате. Таким образом, при очистке как дистиллятного, так и остаточного сырья широкого фракционного состава, с одной стороны, часть ценных компонентов теряется с экстрактом, а с другой стороны, в рафинате остаются углеводороды с низким индексом вязкости. При очистке деасфальтизатов важную роль играет глубина деасфальтизации, так как в результате недостаточно высокой растворимости отдельных групп смолистых веществ в применяемых растворителях их повышенное содержание приводит к ухудшению качества рафинатов. При селективной очистке деасфальтизатов с коксуемостью 1-1,2 % получают остаточные масла с высоким индексом вязкости, поэтому при очистке сырья узкого фракционного состава выход рафината заданного качества выше.

Качество сырья, готовой продукции и вспомогательных материалов

Деасфальтизат 1 ступени	СТП 7.401301-2003 с изм.1-2	1. Вязкость кинематическая при 100 ^{0}С, мм^2/с, не менее 2. Цвет на колориметре ЦНТ, единиц ЦНТ, не более 3. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, ^{0}С, не ниже	22,00 5,5 220
Деасфальтизат 2 ступени	СТП 7.401301-2003 с изм.1-2	1. Вязкость кинематическая при 100 ^{0}С, мм^2/с, не менее 2. Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, ^{0}С, не ниже	32,0 280
II. Получаемые продукты			
Рафинат дистиллятный 4 погон	СТП 7.401302-2003 с изм.1	1. Показатель преломления при 50 ^{0}С: -1 вид, в пределах -2 вид, не более 2. Массовая доля фенола, %, не более:	 1,4685-1,4705 1,4735 0,003
Рафинат остаточный 1 ступени	СТП 7.401302-2003 с изм.1	1. Показатель преломления при 50 ^{0}С, не более 2. Массовая доля фенола, %, не более:	 1,4850 0,003 0,003

Продолжение таблицы 2.1

Экстракт для МТ-300 Ом	СТП 7.401302-2003 с изм.1	1. Вязкость кинематическая при 100 ^{0}С, мм^2/с, не менее 2. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, ^{0}С, не ниже 3. Показатель преломления при 50 ^{0}С 4. Массовая доля фенола, %, не более:	5,00 175 не нормируется опред.обязат. 0,01
Экстракт – компонент сырья для 43/103	СТП 7.401302-2003 с изм.1	Массовая доля фенола, %, не более:	0,01
Экстракт – компонент «Экстракта марки А»	СТП 7.401302-2003 с изм.1	1. Вязкость кинематическая при 100 ^{0}С, мм^2/с, в пределах 2. Массовая доля фенола, %, не более:	3,00-10,00 0,01
Экстракт остаточный для ПН-6	СТП 7.401302-2003 с изм.1	1. Вязкость кинематическая при 100 ^{0}С, мм^2/с, не менее 2. Массовая доля фенола, %, не более: 3. Анилиновая точка, ^{0}С,	30,00 0,01

		в пределах	55-72
IIIРеагенты			
Наименование продукта	ГОСТ, ТУ, СТП	Показатели по ГОСТ, ТУ, СТП	Допустимые пределы
Фенол синтетический технический	ГОСТ 23519-93 Марка В	1. Внешний вид	Белое крстал-лическое вещество. Допускается
			розоватый или желтоватый оттенок
		2. Температура кристаллизации, ^{0}C, не ниже	40,4
		3. Массовая доля нелетучего остатка, %, не более	0,01
		4. Оптическая плотность водного раствора фенола (5,0 г марки В в 100 см^3 воды) при 20 ^{0}C, не более	0,03

Продолжение таблицы 2.1

Сжатый воздух Класс загрязненности -3	ГОСТ 17433-80 с изм.1	1. Размер твердой частицы, мкм, не более 2. Содержание посторонних приме- сей при температуре 20 ^{0}C и давлении 760 мм.рт.ст., мг/м3, не более: 3. Твердые частицы вода (в жидком состоянии) масло (в жидком состоянии)	10 2 не допускается не допускается
IV. Топливо			
Газ сухой	СТП 7.401102-2001 с изм.1-3	1. Массовая доля углеводородов фракции C_5 и выше, %, не более 2. Содержание сероводорода, % об., не более	5,0 0,005
Топливо нефтяное котельное (мазут) Марка ТКМ-8	ТУ 38.401-58-74-93 с изм.1-3	1. Вязкость при 80 ^{0}C, не более: условная, градусы ВУ соответствующая ей кинематическая, $м^2/с$ (сСт) 2. Зольность, %, не более для топлива котельного малозольного зольного	8,0 $59x10^{-6}$ (59,0) 0,04

		3. Массовая доля механических примесей, %, не более	0,12
		4. Массовая доля воды, %, не более	0,5
		5. Содержание водорастворимых кислот и щелочей	1,0
		6. Температура вспышки в открытом тигле не ниже	Отсутствие
		Допускается в 1 и 4 кварталах температура вспышки в открытом тигле не ниже	90
		7. Массовая доля серы, %, не более для топлива:	
		I вида	65
		II вида	
		III вида	
		8. Температура застывания, ^{0}C,	1,0
		не выше	1,5
		10. Теплота сгорания (низшая) в пересчёте на сухое топливо (не браковочная), кДж/кг (ккал/кг), не менее для топлива I, II, III вида	2,0 25 40740 (9730)

2.3. Описание технологической схемы 37/1-4

Отделение экстракции

Сырье из резервуаров парка тит. № 191а забирается насосами Н-1 и подается на верхнюю и третью тарелку абсорбера К-7.

В низ абсорбера К-7 подают пары азеотропной смеси (пары воды и фенола) из колонны К-5. Сырье в абсорбере проходит сверху вниз 18 тарелок и, встречаясь с парами азеотропной смеси, поглощает пары фенола. Водяной пар со следами фенола с верха абсорбера К-7 поступает в емкость Е-5, откуда в камеру сгорания печи П-1. Из емкости Е-5 конденсат дренируется в Е-7. С низа абсорбера К-7 сырье перетекает в буферную емкость Е-13, откуда забирается насосом Н-2 и подается через холодильник Т-3 в среднюю часть экстракционной колонны К-8. В верхнюю часть колонны К-8 из емкостей Е-3, насосом Н-8 через Т-18 подается растворитель - фенол. Фенол, опускаясь в низ колонны К-8, вследствие высокого удельного веса, проходит через сплошной слой сырья, подаваемого в среднюю часть колонны К-8, которое в силу меньшего удельного веса движется в верх по колонне.

Снижение температуры в низу колонны и уменьшение растворяющей способности фенола достигается подачей фенольной воды насосом Н-14 из емкости Е-4. Температура в средней и верхней частях колонны К-8 регулируется нагревом сырья и фенола, температурный режим устанавливается в зависимости от температуры полного растворения сырья в феноле (критической температуры растворения) и требований к качеству рафината. В зависимости от качества сырья уровень раздела фаз (экстрактного и рафинатного слоёв) в колонне К-8 может находиться на 2-й и 3-й тарелках. Верхний слой - рафинатный раствор свободно перетекает в промежуточную емкость Е-1.

Отделение регенерации фенола из рафинатного, экстрактного растворов

Раствор рафината из Е-1 поступает на прием насоса Н-6, прокачивается через теплообменники Т-8,8а где нагревается парами фенола из К-4 и далее через печь П-1 подаётся в среднюю часть колонны К-2. В колонне К-2 испаряется основная часть фенола из рафинатного раствора. Пары фенола из колонны К-2 поступают через погружной холодильник Т-7, где конденсируются и поступают в емкости Е-3,3а. Рафинат с низа колонны К-2 с небольшим количеством фенола перетекает в вакуумную отпарную колонну К-3. В колонне К-3 происходит отпарка остатков фенола из рафината при помощи водяного пара и за счёт разряжения (вакуума), создаваемого паровым эжектором ЭЖ-1 через конденсатор смешения КС-1. Пары фенола и воды с верха К-3, совместно с парами из К-6, поступают в конденсатор смешения КС-1, где смешиваются с экстрактным раствором. Несконденсированные пары фенола отсасываются паровым эжектором ЭЖ-1 и совместно с парами из К-5 направляются в колонну К-7 далее в Е-5 и на дожиг в печь П-1. Рафинат из колонны К-3 через погружной холодильник Т-6 откачивается в парк насосом Н-10.

Некондиционный рафинат может быть возвращен в емкость Е-1, если он не отвечает установленному качеству по показателю «Массовая доля фенола», или на прием сырьевого насоса при неудовлетворительном качестве рафината по показателю «Показатель преломления». Экстрактный раствор с низа колонны К-8 насосом Н-4 прокачивается через погружной холодильник Х-1 и поступает в конденсатор смешения КС-1, где смешивается с парами фенола из К-3, К-6. Далее экстрактный раствор поступает в рибойлеры Т-9,Т-9а, где нагревается за счет тепла конденсации паров фенола из К-4, и подается в низ колонны К-5. Пары азеотропной смеси из Т-9,9а по дыхательной линии поступают в среднюю часть колонны К-5.

Сушильная колонна К-5 предназначена для испарения воды и фенола из экстрактного раствора в виде азеотропной смеси (вода и 9,2 % фенола). На

верх колонны в качестве орошения подается фенольная вода из емкости Е-4 насосом Н-14. Пары азеотропной смеси выходят из колонны К-5 по двум шлемовым трубам, проходят через конденсатор воздушного охлаждения КВО-30, Т-10,10а где конденсируются и охлаждаются водой, и поступают в емкость фенольной воды Е-4. Часть паров азеотропной смеси из шлемовой линии колонны К-5 сбрасывается в абсорбер К-7 для улавливания фенола и баланса воды, находящейся в системе установки, откуда водяной пар со следами фенола выводится через емкость Е-5 на дожиг в печь П-1.

Обезвоженный экстрактный раствор с низа К-5 насосом Н-17 прокачивается через печь П-2, нагревается до 230-255 ^{0}С и поступает на четвертую тарелку колонны К-4. Колонна К-4 служит для испарения основной массы фенола из осушенного экстрактного раствора, что осуществляется дополнительным повышением температуры экстрактного раствора, прокачкой его насосом Н-16 через печь П-3. Насос берет экстрактный раствор с низа К-4 и возвращает в карман полуглухой тарелки, откуда под давлением в колонне К-4 экстрактный раствор перетекает в отпарную колонну К-6.

Пары фенола из колонны К-4 по двум шлемовым трубам проходят параллельными потоками через рибойлеры Т-9,9а, где конденсируются в результате отдачи тепла раствору экстракта, поступающему из смесителя, теплообменники Т-8,8а, Т-7(7а,7б) и поступают в емкость сухого фенола Е-3. В колонне К6 происходит окончательная отпарка фенола из экстракта при помощи водяного пара и за счёт вакуума, создаваемого паровым эжектором ЭЖ-1 через конденсатор смешения КС-1. Экстракт с низа колонны К-6 через теплообменник Т-13 откачивается насосом Н-19,19а в резервуары промежуточного парка, а в случае несоответствия качества установленным требованиям направляется на выкид насоса Н-4. Пары фенола и воды с верха К-6, совместно с парами из К-3, поступают в конденсатор смешения КС-1.

Система снабжения установки жидким и газообразным топливом

Для нагрева продукта в змеевиках печей П-1, П-2, П-3 на установке выполнена топливная система, состоящая из топливной емкости Е-2, подогревателя Т-12, топливных насосов Н-25,25а и топливного кольца. Топливо (мазут) из топливного кольца завода закачивается в емкости Е-2 и насосами Н-25,25а циркулирует через Т-12 по топливному кольцу. Подогрев топлива производится подачей пара в змеевик емкости Е-2 и в теплообменник Т-12. Топливный газ поступает на установку из заводской линии, подогревается в теплообменнике Т-15 паром и подается к газовым горелкам на П-1, П-2, П-3.

Система снабжения установки водяным паром

Острый пар поступает из магистрали завода в коллектор установки из коллектора острый пар поступает:

- на паровые поршневые насосы Н-1а,Н-2, Н-19,Н-10,Н-19а;
- в стриппинг-колонны К-3, К-6 для доотпарки фенола;
- к форсункам печей для распыления жидкого топлива;
- к насосам для пропарки трубопроводов и аппаратов при подготовке к ремонту;
- в систему паротушения насосных, печей.

Давление пара для распыления жидкого топлива к форсункам печей П-1, П-2, П-3

Отработанный пар от насосов сбрасывается в коллектор мятого пара установки, используется на технологические нужды установки. При недостатке мятый пар подпитывается из заводской магистрали мятого пара.

Из коллектора мятый пар поступает:

- в змеевик топливного бачка Е-2;
- в подогреватель жидкого топлива Т-12;
- в калориферы вентустановок;
- в подогреватель топливного газа Т-15;
- в регистры на отопление помещений насосных и операторной;

- на обогрев разделительных сосудов приборов КИП;

- в ящики погружных холодильников во время вывода установки на технологический режим.

Система снабжения установки хим. очищенной, оборотной водой

Оборотная вода на установку поступает из блока оборотной воды 1 системы.

Вода используется:

- для охлаждения сырья;

- для охлаждения рафината;

- для охлаждения экстракта;

- для конденсации и охлаждения паров фенола;

- для конденсации и охлаждения паров азеотропной смеси;

- для охлаждения фенола;

- для охлаждения экстрактного раствора;

- для охлаждения подшипников центробежных насосов;

- для охлаждения торцевых и сальниковых уплотнений центробежных насосов;

- для мытья полов.

Горячая вода с холодильников и конденсаторов, после охлаждения подшипников насосов сбрасывается с установки в систему оборотного водоснабжения завода. Вода после охлаждения торцевых и сальниковых уплотнений, от мытья полов направляется в систему спецканализации и собирается в заглубленную емкость Е-7.

Хим. очищенная вода на установку поступает из заводской линии. Вода используется:

- для охлаждения подшипников центробежных насосов;

- для охлаждения торцевых и сальниковых уплотнений насосов;

- для мытья полов.

Хим. очищенная вода после охлаждения торцевых и сальниковых уплотнений, от мытья полов направляется в систему спецканализации и собирается в заглубленную емкость Е-7. После охлаждения подшипников

насосов Х.О.В. сбрасывается с установки в систему оборотного водоснабжения завода.

Система снабжения установки воздухом КИП

Воздух КИП из заводской магистрали поступает в рессивер Е-11, где освобождается от влаги. Из рессивера Е-11 воздух поступает в пылевлагоотделители Е-12/1, Е-12/2, далее в магистраль воздуха КИП и распределяется по всем приборам.

Спецканализация

На установке смонтирована сеть спецканализации, предназначенная для сброса фенола и фенолсодержащих продуктов, воды после охлаждения торцевых и сальниковых уплотнений насосов, мытья полов и дренажей аппаратов. Линия спецдренажа подходит ко всем аппаратам установки, имеет разводку по насосным и связана с заглубленной емкостью Е-7. Содержимое Е-7 откачивается насосами Н-12 в емкость Е-4.

Для уменьшения выброса фенола в атмосферу на установке предусмотрена схема улавливания паров фенола из фенолсодержащих емкостей и из спецдренажа. Из емкостей паровоздушная смесь отсасывается с помощью парового эжектора в середину абсорбера К-7. При нормальной работе эжектор должен создавать небольшое разряжение в емкостях и в линиях спецдренажа.

2.4 Нормы технологического режима

Таблица 2.2

№ п/п	Наименование стадий процесса, аппараты, показатели режима	Единица измерения	Допускаемые пределы технологических параметров			
			III погон	IV погон	остаточное 1 ступени	остаточное 2 ступени
1	2	4	5	6	7	8
1	Абсорбер К-7					
	1. Температура низа	^{0}C	98-115	98-115	98-115	98-115
	2. Температура верха	^{0}C	98-115	98-115	98-115	98-115
	3. Расход сырья в К-7	м^3/ч	15-28	15-28	15-25	15-25

Продолжение таблицы 2.2

1	2	4	5	6	7	8
2	Экстракционная колонна К-8 **1. Температура верха** 2. Температура середины 3. Температура низа 4. Подача фенола к сырью 5. Подача фенольной воды 6. Температура фенола на выходе из Т-18 7. Расход сырья	 ^{0}C ^{0}C ^{0}C $м^3$ $м^3/ч$ ^{0}C $м^3/ч$	 65-75 60-70 55-65 (1,52,5):1 ,0 до 1,5 70-87 15-28	 70-80 65-80 60-70 (1,5-2,5):1 до 1,5 70-87 15-28	 90-105 87-102 80-95 (1,52,5): 1,0 до 1,5 95-112 15-25	 90-105 87-102 80-95 (1,52,5):1 ,0 до 1,5 95-112 15-25
3	Колонна К-2 **1. Температура верха** 2. Температура низа 3. Давление	 ^{0}C ^{0}C МПа (кгс/ $см^2$)	 210-255 240-270 не выше 0,23(2,3)	 210-255 240-270 не выше 0,23(2,3)	 210-255 240-270 не выше 0,23(2,3)	 210-255 240-270 не выше 0,23(2,3)
4	Колонна К-3 **1. Температура верха** 2. Температура низа	^{0}C	200-240	200-240	200-240	200-240

	3. Расход пара 4. Остаточное давление	^{0}C кг/ч ата (кгс/см^2)	215-250 250-500 0,65÷0,3 (-0,35÷-0,7)	215-250 250-500 0,65÷0,3 (-0,35 ÷ -0,7)	215-250 250-500 0,65÷0,3 (-0,35 ÷ -0,7)	215-250 250-500 0,65÷0,3 (-0,35 ÷ -0,7)
5	Колонна К-4 **1. Температура верха** 2. Температура низа 3. Давление	^{0}C ^{0}C МПа (кгс/см^2)	210-240 265-285 не выше 0,27(2,7)	210-240 265-285 не выше 0,27(2,7)	210-240 265-285 не выше 0,27(2,7)	210-240 265-285 не выше 0,27(2,7)
6.	Колонна К-5 **1. Температура верха** 2. Температура низа **3. Давление**	^{0}C ^{0}C МПа (кгс/см^2)	110-135 150-190 не выше 0,07(0,7)	110-135 150-190 не выше 0,07(0,7)	110-135 150-190 не выше 0,07(0,7)	110-135 150-190 не выше 0,07(0,7)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	4	5	6	7	8
7.	Колонна К-6 **1. Температура верха** 2. Температура низа 3. Расход пара 4. Остаточное давление	 ^{0}C ^{0}C кг/ч ата (кгс/см^2)	 195-230 200-245 250-500 0,65÷0,3 (-0,35 ÷ -0,7)	 195-230 200-245 250-500 0,65÷0,3 (-0,35 ÷ -0,7)	 195-230 200-245 250-500 0,65÷0,3 (-0,35 ÷ -0,7)	 195-230 200-245 250-500 0,65÷0,3 (-0,35 ÷ -0,7)
8	Холодильник Х-1 1. Температура раствора экстракта на выходе из холодильника	^{0}C	не более 80	не более 80	не более 80	не более 80
9	Холодильник сырья Т-3 1. Температура сырья на выходе из холодильника	^{0}C	55-65	60-70	67-75	70-78
10	Холодильник Т-7 1. Температура выхода фенола	^{0}C	60-100	60-100	90-120	90-120
11	Конденсатор- -холодильник					

	Т-10, Т-10а 1. Температура выхода фенольной воды	^{0}C	не более 80	не более 80	не более 80	не более 80
12	Холодильник Т-6 1. Температура выхода рафината	^{0}C	80-130	80-130	80-130	80-130
13	Холодильник Т-13 1. Температура выхода экстракта	^{0}C	80-130	80-130	80-130	80-130

Продолжение таблицы 2.2

1	2	4	5	6	7	8
14	Печь П-1 **1. Температура продукта на выходе из печи** 2. Температура дымовых газов на перевалах 3. Температура дымовых газов на выходе из печи 4. Расход рафинатного раствора в печь 5. Разряжение дымовых газов за конвекцией 6. Температура топливного газа в печь	 ^{0}C ^{0}C ^{0}C м^3/ч мм вод. ст. (Па) ^{0}C	 250-275 не выше 780 не выше 450 10-25 1-3 (9,81-29,42) 80-150	 250-275 не выше 780 не выше 450 10-25 1-3 (9,81-29,42) 80-150	 250-275 не выше 780 не выше 450 10-25 1-3 (9,81-29,42) 80-150	 250-275 не выше 780 не выше 450 10-25 1-3 (9,81-29,42) 80-150
15	Печь П-2 1. Температура продукта на выходе из печи 2. Температура дымовых газов на перевалах 3. Температура дымовых газов на	 ^{0}C ^{0}C ^{0}C	 230-255 не выше 780 не выше	 230-255 не выше 780 не выше	 230-255 не выше 780 не	 230-255 не выше 780 не выше

	выходе из печи		450	450	выше 450	450
	4. Расход экстрактного раствора в печь	$м^3$/ч	40-60	40-60	40-60	40-60
	5. Температура топливного газа в печь	^{0}C	80-150	80-150	80-150	80-150
16	Печь П-3 **1. Температура продукта на выходе из печи**	^{0}C	265-290	265-290	265-290	265-290
	2. Температура дымовых газов на перевалах	^{0}C	не выше 780	не выше 780	не выше 780	не выше 780
	3. Температура дымовых газов на выходе из печи	^{0}C	не выше 450	не выше 450	не выше 450	не выше 450
	4.Расход экстрактного раствора в печь	$м^3$/ч	15-35	15-35	15-35	15-35
	5. Разряжение дымовых газов за конвекцией	мм вод. ст. (Па)	1-3 (9,81-29,42)	1-3 (9,81-29,42)	1-3 (9,81-29,42)	1-3 (9,81-29,42)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	4	5	6	7	8
	6. Температура топливного газа в печь	^{0}C	80-150	80-150	80-150	80-150
17	Подогреватель жидкого топлива Т-12 1. Температура выхода топлива	^{0}C	90-130	90-130	90-130	90-130
18	Пар, вода на установку 1. Давление пара на установку 2. Давление воды на установку 3. Давление воздуха КИП 4. Температура воды на установку 5. Температура воды с установки	МПа (кг/см^2) МПа (кг/см^2) МПа (кг/см^2) ^{0}C	0,8-1,1 (8,0-11,0) не ниже 0,3(3,0) не ниже 0,25(2,5) не выше 25 не ниже 40	0,8-1,1 (8,0-11,0) не ниже 0,3(3,0) не ниже 0,25(2,5) не выше 25 не ниже 40	0,8-1,1 (8,0-11,0) не ниже 0,3(3,0) не ниже 0,25(2,5) не выше 25 не ниже 40	0,8-1,1 (8,0-11,0) не ниже 0,3(3,0) не ниже 0,25(2,5) не выше 25 не ниже 40

3. РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Материальный баланс процесса селективной очистки масел

Материальный баланс установки селективной очистки масел составляется на основе установившегося режима работы установки. Баланс составляется с учетом равенства входящих и выходящих потоков установки. В качестве сырья принимается дистиллят вязкий 4 погон.

Исходные данные:

Производительность по сырью 95 тыс. тонн/год

Число рабочих дней 340 дней

Технологические потери 1% масс.

Таблица 3.1

Материальный баланс установки селективной очистки масел фенолом 37-1№4 до модернизации

Наименование продукции	Выход продукта			
	%масс	Тыс. т/год	Тонн/сут.	Кг/час
Поступило: Дистиллят вязкий 4 погон	100	95	279,411	11642,13
Итого	100	95	279,411	11642,13
Получено: 1. Рафинат	66	62,7	184,416	7683,8

2. Экстракт	33	31,35	92,20	3841,9
3. Потери	1	0,95	2,794	116,42
Итого	100	95	279,411	11642,13

1.Определяем суточную производительность по сырью, тонн/сут

$$G_c^I = \frac{G_c \cdot 1000}{число\ раб.дней}, \quad (3.1)$$

где: G_c – производительность установки по сырью, тонн/год

$$G^{I}_{c} = \frac{95 \cdot 1000}{340} = 279,411 \text{ тонн/сут}$$

2. Определяем часовую производительность установки по сырью, кг/час

$$G^{II}_{C} = \frac{G^{I}_{c} \cdot 1000}{24}, \quad (3.2)$$

$$G^{II}_{c} = \frac{279,41 \cdot 1000}{24} = 11642,13 \text{ кг/час}$$

3. Определяем выход нефтепродуктов, тыс.тонн/год

$$G_{н/пр} = G_c \cdot a, \quad (3.3)$$

где: а – доля компонента на потенциал по сырью, тыс. тонн/год

$$G_{РАФ} = 95 \cdot 0,66 = 62,7$$

$$G_{экстр} = 95 \cdot 0,33 = 31,35 \text{ тыс. тонн/год}$$

В результате модернизации контактных устройств пленочного типа фирмы ИМПА Инжиниринг в экстракционной колонне К-8, отбор рафината увеличился на 4 % при снижении кратности растворителя к сырью не менее чем на 10%

Таблица 3.2

Материальный баланс установки селективной очистки масел фенолом

37-1№4 после модернизации

Наименование продукции	Выход продукта			
	%масс	Тыс. т/год	Тонн/сут.	Кг/час
Поступило: Дистиллят вязкий 4 погон	100	95	279,411	11642,13
Итого	100	95	279,411	11642,13
Получено: 1. Рафинат 2. Экстракт 3. Потери	70 29 1	66,5 27,55 0,95	195,588 81,029 2,794	8149,5 3376,21 116,42
Итого	100	95	279,411	11642,13

1. Определяем выход нефтепродуктов, тыс.тонн/год

$$G_{н/пр} = G_c \cdot a,$$

где: а – доля компонента на потенциал по сырью, тыс. тонн/год

$$G_{РАФ} = 95 \cdot 0{,}7 = 66{,}5 \text{ тыс. тонн/год}$$

$$G_{экстр} = 95 \cdot 0{,}29 = 27{,}55 \text{ тыс. тонн/год}$$

3.2. Материальный и тепловой баланс экстракционной колонны К-8

Для очистки дистиллятного сырья принимаем соотношение растворителя к сырью 1,5:1. Для увеличения степени извлечения экстракта в низ колонны подают фенольную воду. Количество фенольной воды 5%, в том числе вода 4,5% и фенол 0,5%. Фенол из сырья поглощает полициклическую ароматику и смолы, поэтому количество растворителя в рафинате 15%, а в экстракте 85%

Таблица 3.3

Материальный баланс колонны К-8

Наименоваие продукции	Выход продукта до и после модернизации					
	% масс		кг/ч		кг/сек	
	до	после	до	после	до	после
Поступило:						
1. Дистиллят вязкий 4 погон	100	100	11642,13	11642,13	3,23	3,23
2. Раствор фенола	170	150		17463,18	5,49	4,85
3. Фенольная вода			19791,6			
в том числе:						
- вода	4,5	4,5	523,89	523,89	0,145	0,145
- фенол	0,5	0,5		58,21	0,016	0,016

			58,21			
Итого	275	255	32015,82	29687,4	8,88	8,24
Получено: 1. Раствор рафината: - масло - фенол	 66 37,6	 70 22,6 	 7683,80 4377,43	 8149,48 2631,12	 2,13 1,21	 2,26 0,73

Продолжение таблицы 3.3

2. Раствор экстракта: - экстракт - фенол - вода	33 133,9 4,5	30 127,9 4,5	3841,89 15588,8 523,9	3492,64 14890,27 523,9	1,07 4,33 0,14	0,97 4,14 0,14
Итого	275	255	32015,82	29687,4	8,88	8,24

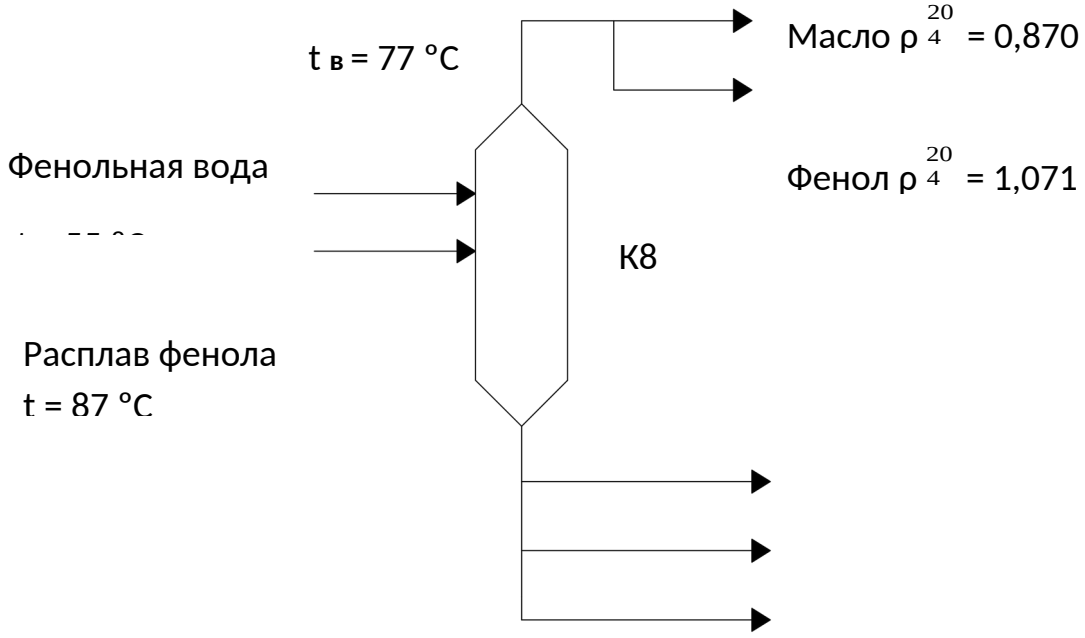
Определяем секундную производительность кг/с

$$G'''c = \frac{G''c}{3600},$$

где $G''c$ - часовая производительность установки по сырью, кг/ч

$$G'''c = \frac{11642,13}{3600} = 3,23 \text{ кг/с}$$

Тепловой баланс экстракционной колонны К-8



$t_н = 70$ °C Фенол $\rho_4^{20} = 1{,}071$

Рис.1 Эскиз тепловых потоков колонны экстракции Вода $\rho_4^{20} = 1$ 1,012

Количество тепла, поступающее в колонну, КВт

$$Q_{прих} = Q_{сырья} + Q_{фенол} + Q_{ф.\ вода}, \quad (3.4)$$

где: Q сырья - количество тепла, поступающее в колонну с сырьем , КВт

Q фенол - количество тепла, поступающее в колонну с фенолом , КВт

Q ф.вода - количество тепла, поступающее в колонну с фенольной водой, КВт

Определяем тепло поступающее с сырьем, КДж

$$Q_{сырье} = G_c \cdot c \cdot T, \quad (3.5)$$

где: G_c – производительность колонны по сырью, кг/сек

c – теплоемкость сырья, КДж/кг К

T – температура сырья, К

$$\rho_{15^{15}_{сырье}} = 0{,}914 + 5 \cdot 0{,}000633 = 0{,}917 \text{ г/см}^3$$

$$C_{сырье} = \frac{1}{\sqrt{0{,}917}}\left(0{,}762 + 0{,}0034 \cdot 333\right) = 1{,}96 \text{ КДж/кг К}$$

$$Q_{сырье} = 3{,}23 \cdot 1{,}96 \cdot 333 = 2108{,}15 \text{ КДж}$$

Определяем тепло поступающее с фенолом, КДж

$$Q_{фенол} = G_Ф \cdot c \cdot T, \quad (3.6)$$

где: $G_Ф$ – производительность по фенолу, кг/сек

с – теплоемкость фенола, КДж/кг К

Т – температура фенола, К

$$Q_{фенол} = 4,85 \cdot 2,35 \cdot 360 = 4103,0 \text{ КДж}$$

Определяем тепло поступающее с фенольной водой, КДж

$$Q_{ф.вода} = Q_{фенол} + Q_{вода}, \quad (3.7)$$

$$Q_{фенол} = 0,016 \cdot 2,35 \cdot 328 = 12,33 \text{ КДж}$$

$$Q_{вода} = 0,145 \cdot 2,09 \cdot 328 = 99,4 \text{ КДж}$$

$$Q_{ф.вода} = 12,33 + 99,4 = 111,73 \text{ КДж}$$

$$Q_{прих} = 2108,15 + 4103,0 + 111,73 = 6322,88 \text{ КДж}$$

Количество тепла уходящее из колонны

$$Q_{расход} = Q_{раф.р\text{-}р} + Q_{экстр.р\text{-}р} \quad (3.8)$$

Определяем тепло уходящее с рафинатным раствором, КДж

$$Q_{раф.р\text{-}р} = Q_{масло} + Q_{фенол}, \quad (3.9)$$

$$Q_{масло} = G_{м} \cdot c \cdot T \quad (3.10)$$

где: *с* – теплоемкость масла, КДж/кг

Т – температура, масла К

$$\rho_{15^{15}_{масло}} = 0,870 + 5 \cdot 0,000673 = 0,873 \text{ г/см}^3$$

$$C_{масло} = \frac{1}{\sqrt{0,873}}\left(0,762 + 0,0034 \cdot 350\right) = 2,089 \text{ КДж/кг К}$$

$$Q_{масло} = 2,156 \cdot 2,089 \cdot 350 = 1652,39 \text{ КДж}$$

$$Q_{фенол} = 0,73 \cdot 2,35 \cdot 350 = 600,42 \text{ КДж}$$

$$Q_{раф.р\text{-}р} = 1652,39 + 600,42 = 2252,81 \text{ КВт}$$

Определяем тепло уходящее с экстрактным раствором, КДж

$$Q_{экстр.р\text{-}р} = Q_{экстр} + Q_{фенол} + Q_{вода}, \quad (3.11)$$

$$Q_{экстр} = G_э \cdot c \cdot T \quad (3.12)$$

где: *c* – теплоемкость экстракта, КДж/кг

T – температура экстракта, К

$$\rho^{15}_{15}{}_{экстр} = 1,012 + 5 \cdot 0,000515 = 1,014 \text{ г/см}^3$$

$$C_{экстр} = \frac{1}{\sqrt{1,014}}(0,762 + 1,9282 \cdot 343) = 1,9 \text{ КДж/кг К}$$

$$Q_{экстр} = 0,97 \cdot 1,9 \cdot 343 = 632,15 \text{ КДж}$$

$$Q_{фенол} = 4,136 \cdot 2,35 \cdot 343 = 3333,82 \text{ КДж}$$

$$Q_{вода} = 0,145 \cdot 2,09 \cdot 343 = 104,1 \text{ КДж}$$

$$Q_{экстр.р\text{-}р} = 632,15 + 3333,82 + 104,1 = 4070,07 \text{ КДж}$$

$$Q_{расход} = 4070,07 + 2252,81 = 6322,88 \text{ КДж}$$

Таблица 3.4

Сводный тепловой баланс колонны экстракции К-8

Наименование	*G*, кг/с	*T*, ^{0}C	ρ, г/см^3	*C*, КДж/ кг К	*Q*, КДж
Приход:					
Дистиллят вязкий	3,23	60	0,914	1,96	2108,15
Фенол	4,85	87	1,071	2,35	4103,0
Фенольная вода:	0,16	55	1,0	2,09	111,73
Итого	8,24				6322,88
Расход:					
Рафинатный раствор:					
- масло	2,26	77	0,870	2,09	1652,39
- фенол	0,73	77	1,071	2,35	600,42
Экстрактный раствор:					
- экстракт	0,97	70	1,012	1,9	632,15
- фенол	4,14	70	1,071	2,35	3333,82
- вода	0,14	70	1,0	2,09	104,1
Итого	8,24				6322,88

3.3. Расчет конструктивных размеров экстракционной колонны К-8

1. Рассчитываем секундный объем паров растворителя, м^3/сек

$$V = \left(\frac{G_p}{M_p} \right) \cdot ¿ \frac{22,4}{3600} \cdot \frac{273 + t_в}{273} \cdot \frac{760}{\pi} \quad , \tag{3.13}$$

где: G_p - количество растворителя, уходящего с верха колонны, кг/ч

$t_в$ - температура на верху колонны, ^{o}C

π - абсолютное давление на верху колонны 800 мм.рт.ст.

M_p – молекулярный вес растворителя

$$V = \frac{2631,12}{82} \cdot \frac{22,4}{3600} \cdot \frac{350}{273} \cdot \frac{760}{800} = 0,23 \text{ м}^3/\text{сек}$$

2. Определяем плотность смеси паров растворителя и воды на верху колонны

$$\rho = \frac{G_p}{3600 \cdot V} \tag{3.14}$$

$$\rho = \frac{2631,12}{3600 \cdot 0,23} = 3,18 \text{ г/м}^3$$

3. Определяем допустимую скорость в свободном сечении колонны, м/сек

$$\omega = 0,0334 \cdot \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\rho_n}} \quad , \tag{3.15}$$

где: $\rho_{ж}, \rho_n$ - плотности жидкости и паров потоков, г/м^3

$$\omega = 0,0334 \cdot \sqrt{\frac{1,071}{3,1}} = 0,019 \text{ м/сек}$$

4. Определяем диаметр экстракционной колонны, м

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} \quad (3.16)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,23}{3,14 \cdot 0,019}} = 2,9 \text{ м}$$

5. Определяем высоту экстракционной колонны

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \quad (3.17)$$

где: h_1 - высота опорной обечайки колонны 1-1,2 м

h_2 - расстояние от днища до насадки 3-3,2 м

h_3 - высота насадочного слоя

h_4 - расстояние от насадки до верха колонны 3,3-3,5 м

h_5 - расстояние от верха экстракционной части до верха колонны

$$h_3 = \tau_1 \cdot W_1 \quad (3.18)$$

где: τ_1 - время контакта сырья и фенола в насадочном слое 130 сек

W_1 - линейная скорость потоков в насадочном слое 0,099 м/с

$$h_5 = \tau_2 \cdot W_2 \quad (3.19)$$

где: τ_2 - время отстоя масляного раствора в отстойной части 560 сек

W_2 - линейная скорость масляного раствора в отстойной части 0,004м/с

$$h_3 = 130 \cdot 0{,}099 = 12{,}8 \text{ м}$$

$$h_5 = 560 \cdot 0{,}004 = 2{,}2 \text{ м}$$

$$H = 1 + 3 + 3{,}5 + 12{,}8 + 2{,}2 = 22{,}5$$

На заданную загрузку колонны экстракции по сырью 95 тыс. т/год расчетный диаметр составляет D=2,9 метра, высота H=22,5 метра, что не превышает максимальных паспортных данных аппарата, которые составляют D = 3 метра, а высота H = 22,5 метров.

3.4. Расчет теплообменного аппарата

Так как целью диплома является экономия энергозатрат на установке селективной очистки масел, необходимо провести поверочный расчет кожухотрубного теплообменника для охлаждения фенола

от $t_{1н}$ = 100ºС до $t_{1к}$ = 87ºС водой с $t_{2н}$ = 18 ºС до $t_{2к}$ = 87ºС

Исходные данные:

$G1$ = 4,85 кг/с

K = 73 Вт/$м^2$К

c =2,35 Дж/(кг¿К);

1. Определяем тепловую нагрузку, КДж

$$Q_1 = G_1 \times c_1 (t_{1н} - t_{1к}) \qquad (3.20)$$

где: $t_{1к}$; $t_{1н}$ - начальная и конечная температура теплоносителя, ºС;

Q – тепловая нагрузка, КДж;

G – массовый расход теплоносителя, кг/с;

c – удельная массовая теплоёмкость, Дж/(кг¿ К);

$$Q = 4{,}85 \times 2{,}35(100 - 87) = 148{,}167 \text{ КДж}$$

2.Рассчитываем средний температурный напор при противотоке

100 → 87

87 ← 18

$\Delta tм = 13 \quad \Delta tб = 69$

$$\Delta tcp = \frac{\Delta tб - \Delta tм}{2.31 g \frac{\Delta tб}{\Delta tм}} \qquad (3.21)$$

$$\Delta tcp = \frac{69 - 13}{2.31 g \frac{69}{13}} = 29^{o}\text{C}$$

3. Рассчитываем площадь теплообмена,м^2

$$F = Q/(K \Delta tcp) \qquad (3.22)$$

где: К – коэффициент теплопередачи

$$F = 148{,}167/(73\ 29) = 70 \text{ м}^2$$

3.5. Расчет гидравлического сопротивления насадок

Гидравлическое сопротивление насадки (кольца Рашига)

Скорость захлебывания насадки, м/с

$$\omega_з = A^{0,5} \cdot \frac{\kappa_1 \cdot \kappa_2}{\mu_{ж}^{0,08}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\rho_п}} \qquad (3.23)$$

$$\omega_з = 0,35^{0,5} \cdot \frac{0,42 \cdot 0,141}{\left(2,77 \cdot 10^{-4}\right)^{0,08}} \cdot 16,2 = 1,09 \, м/с$$

где κ_1- справочная данная κ_1=0,42

κ_2- коэффициент зависящий от конструкции насадки

$$\kappa_2 = \sqrt{\bar{g} \cdot F_{св}^3 / a} \qquad (3.24)$$

где $\frac{a}{F_{св}^3} = \frac{200}{0.74^3} = 493$

$$\kappa_2 = \sqrt{\frac{9,8}{493}} = 0,141$$

Допустимая скорость паров, м/с

$$\varpi_{доп} = \varpi_з \cdot 0,85 \qquad (3.25)$$

$$\varpi_{доп} = 0,85 \cdot 1,09 = 0,93 \, м/с$$

Диаметр колонны, м

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \varpi}} \qquad (3.26)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,3}{3,14 \cdot 0,977}} = 1,75 \, м$$

Для нижней части колонны, м/с

$$\omega_з = 0,35^{0,5} \cdot \frac{0,32 \cdot 0,141}{\left(2,81 \cdot 10^{-4}\right)^{0,08}} \cdot 15,6 = 0,8 \, м/с$$

допустимая скорость паров, м/с

$$\varpi_{доп} = 0,85 \cdot 0,8 = 0,68 \, м/с$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,7}{3,14 \cdot 0,68}} = 1,78 \, м$$

Высоту слоя насадки определяем по уравнению:

Для верхней части колонны, м

$$h_{эк} = A \cdot \left(\frac{F_{св}}{a}\right) \cdot \left(\frac{\varpi \cdot \rho_п}{\mu_п \cdot a}\right)^{0,2} \cdot \left(\frac{V}{L}\right)^{n_1} \cdot \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho_п}\right)^{n_2} ¿ \left(\frac{\mu_F}{\mu_{ж}}\right)^{n_3} \frac{\lg \frac{1}{\lambda}}{1-\lambda} \qquad (3.27)$$

Где- A=48; n_1=0,45; n_2=0,225; n_3=0,045

$$h_{эк} = 48 \cdot \left(\frac{0,74}{200}\right) \cdot \left(\frac{0,93 \cdot 3,17}{0,94 \cdot 10^{-5} \cdot 200}\right)^{0,2} \cdot \left(\frac{2,3}{0,637}\right)^{0,45} \cdot \left(\frac{834}{3,17}\right)^{0,225} \cdot \left(\frac{0,94 \cdot 10^{-5}}{27,7 \cdot 10^{-5}}\right)^{0.045} \frac{\lg \frac{1}{1,145}}{1-1,145} = 1.66 \, м$$

Где - $\mu_п$=0,94·10^{-5} Па·с, $\mu_ж$=27,7·10^{-5} Па·с

Для нижней части колонны

$$h_{эк} = 28 \cdot \left(\frac{0,74}{200}\right) \cdot \left(\frac{0,68 \cdot 3,29}{0,94 \cdot 10^{-5} \cdot 200}\right)^{0,2} \cdot \left(\frac{1,7}{1,45}\right)^{0,45} \cdot \left(\frac{803}{3,29}\right)^{0,225} \cdot \left(\frac{0,94 \cdot 10^{-5}}{28,1 \cdot 10^{-5}}\right)^{0,045} \frac{\lg \frac{1}{0,906}}{1-0,906} = 1.54 \, м$$

Где - $\mu_п$=0,94·10^{-5} Па·с, $\mu_ж$=28,1·10^{-5} Па·с

$$\lambda = \frac{145}{1,6} = 0,906$$

Высота слоя насадки в колонне: в верхней и нижней части колонны

$$H = n \cdot h_{экв} \tag{3.28}$$

Где n – количество тарелок,

$$H_в = 3 \cdot 1{,}66 = 4{,}98 \text{ м}$$

$$H_н = 5 \cdot 1{,}54 = 7{,}68 \text{ м}$$

Гидравлическое сопротивление слоя насадки:

Сухой,

$$\Delta P_{сух} = \lambda \cdot \frac{H}{d_{экв}} \cdot \frac{\rho_n}{2} \cdot \left(\frac{\omega}{F_{cd}} \right)^2 \tag{3.29}$$

$$\Delta P_{сух} = \lambda \cdot \frac{2{,}87}{0{,}015} \cdot \frac{3{,}17}{2} \cdot \left(\frac{0{,}68}{0{,}74} \right)^2 = 261\,Па$$

$$D_{экв} = \frac{4F}{a} = \frac{4 \cdot 0{,}74}{200} = 0{,}015\,м$$

$$\lambda = \frac{16}{5450^{0{,}2}} = 2{,}87$$

Орошаемой,

$$\frac{\Delta P}{\Delta P_{сух}} = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta A)^3} \tag{3.30}$$

где $A = \frac{3}{F_{св}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\omega^2 \cdot a \cdot b}{2g}}$

$$\Delta P = \frac{1}{(200 \cdot 0.07 \cdot 0.077)^3} \cdot 261 = 210\,Па$$

$$A = \frac{3}{0{,}74} \cdot \sqrt[3]{\frac{\left(1{,}54 \cdot 10^{-3}\right)^2 \cdot 200 \cdot 0{,}262}{2 \cdot 9{,}8}} = 0.077$$

$$b=\frac{1,74}{Re_{ж}^{0,3}}=\frac{1,74}{454^{0,3}}=0,278 \quad (3.31)$$

где $Re_{ж}=\frac{\varpi_{ж}\cdot d_{н}}{V_{ж}\cdot(1-F_{св})}$; $Re_{ж}=\frac{1,54\cdot10^{-3}\cdot0,025\cdot834}{27,7\cdot10^{-5}\cdot9,8\cdot(1-0,74)}=454$

$$\varpi_{ж}=\frac{7,6}{3600\cdot0,785\cdot1,75^{2}}=1,54\cdot10^{-3}\,м/с$$

Сопротивление слоя насадки в верхней части колонны,

$$\Delta P=\Delta P\cdot H \quad (3.32)$$

ΔP=210·4,98=1046 Па

Сопротивление слоя орошаемой насадки нижней части колонны, Па

$$\frac{\Delta P}{H}=L\cdot g\cdot\rho_{n}\cdot\varpi^{2}\cdot10^{\beta L_{v}\rho_{ж}} \quad (3.33)$$

ΔP=44,4·9,8·3,29·0,68^2·10$^{(0,0018*7,9)}$=679 Па

$$L_{v}^{'}=\frac{19,7}{0,785\cdot1,78^{2}}=7,9\,м^{3}/(м^{2}\cdot ч)$$

Сопротивление слоя насадки в низу колонны, Па

ΔP=7,68·679=5216 Па

(3.34)

Общее сопротивление слоя насадки, Па

ΔP=1046+5216=6262 Па

Гидравлическое сопротивление насадки ИМПА Инжиниринг

Скорость захлебывания насадки, м/с

$$\omega_з = A^{0,5} \cdot \frac{\kappa_1 \cdot \kappa_2}{\mu_{ж}^{0,08}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\rho_n}} \qquad (3.35)$$

$$\omega_з = 0,35^{0,5} \cdot \frac{0,42 \cdot 0,154}{\left(2,77 \cdot 10^{-4}\right)^{0,08}} \cdot 16,2 = 1,2 \, м/с$$

где $к_1$- справочная данная $к_1$=0,42

$к_2$- коэффициент зависящий от конструкции насадки

$$к_2 = \sqrt{\bar{g} \cdot F_{св}^3 / a} \qquad (3.36)$$

где $\frac{a}{F_{св}^3} = \frac{320}{0.92^3} = 411$

$$к_2 = \sqrt{\frac{9,8}{411}} = 0,154$$

Допустимая скорость паров, м/с

$$\varpi_{доп} = \varpi_з \cdot 0,85 \qquad (3.37)$$

$$\varpi_{доп} = 0,85 \cdot 1,2 = 1,02 \, м/с$$

Диаметр колонны, м

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \varpi}} \qquad (3.38)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,3}{3,14 \cdot 1,02}} = 1,67 \, м$$

Для нижней части колонны, м/с

$$\omega_з = 0,35^{0,5} \cdot \frac{0,32 \cdot 0,154}{\left(2,81 \cdot 10^{-4}\right)^{0,08}} \cdot 15,6 = 0,88 \, м/с$$

допустимая скорость паров, м/с

$$\omega_{доп}=0,85\cdot0,88=0,75\,м/с$$

$$D=\sqrt{\frac{4\cdot1,7}{3,14\cdot0,75}}=1,70\,м$$

Высоту слоя насадки определяем по уравнению:

Для верхней части колонны, м

$$h_{эк}=A\cdot\left(\frac{F_{св}}{a}\right)\cdot\left(\frac{\omega\cdot\rho_n}{\mu_n\cdot a}\right)^{0,2}\cdot\left(\frac{V}{L}\right)^{n_1}\cdot\left(\frac{\rho_{ж}}{\rho_n}\right)^{n_2}¿\left(\frac{\mu_F}{\mu_{ж}}\right)^{n_3}\frac{\lg\frac{1}{\lambda}}{1-\lambda} \qquad (3.39)$$

Где- А=48; n_1=0,45; n_2=0,225; n_3=0,045

$$h_{эк}=48\cdot\left(\frac{0,92}{320}\right)\cdot\left(\frac{0,93\cdot3,17}{0,94\cdot10^{-5}\cdot320}\right)^{0,2}\cdot\left(\frac{2,3}{0,637}\right)^{0,45}\cdot\left(\frac{834}{3,17}\right)^{0,225}\cdot\left(\frac{0,94\cdot10^{-5}}{27,7\cdot10^{-5}}\right)^{0.045}\frac{\lg\frac{1}{1,145}}{1-1,145}=1.2\,м$$

Где - $\mu_п$=0,94·10^{-5} Па·с, $\mu_ж$=27,7·10^{-5} Па·с

Для нижней части колонны

$$h_{эк}=48\cdot\left(\frac{0,92}{320}\right)\cdot\left(\frac{0,75\cdot3,29}{0,94\cdot10^{-5}\cdot320}\right)^{0,2}\cdot\left(\frac{1,7}{1,45}\right)^{0,45}\cdot\left(\frac{803}{3,29}\right)^{0,225}\cdot\left(\frac{0,94\cdot10^{-5}}{28,1\cdot10^{-5}}\right)^{0,045}\frac{\lg\frac{1}{0,906}}{1-0,906}=1.11\,м$$

Где - $\mu_п$=0,94·10^{-5} Па·с, $\mu_ж$=28,1·10^{-5} Па·с

$$\lambda=\frac{145}{1,6}=0,906$$

Высота слоя насадки в колонне: в верхней и нижней части колонны

$$H=n\cdot h_{экв} \qquad (3.40)$$

Где n – количество тарелок,

$$H_в=3\cdot1,2=3,59\text{ м}$$

$$H_н=5\cdot1,11=5,53\text{ м}$$

Гидравлическое сопротивление слоя насадки:

Сухой,

$$\Delta P_{сух} = \lambda \cdot \frac{H}{d_{экв}} \cdot \frac{\rho_n}{2} \cdot \left(\frac{\omega}{F_{cd}} \right)^2 \qquad (3.41)$$

$$\Delta P_{сух} = \lambda \cdot \frac{2,87}{0,012} \cdot \frac{3,17}{2} \cdot \left(\frac{0,75}{0,92} \right)^2 = 261\,Па$$

$$D_{экв} = \frac{4F}{a} = \frac{4 \cdot 0,92}{320} = 0,012\,м$$

$$\lambda = \frac{16}{5450^{0,2}} = 2,87$$

Орошаемой,

$$\frac{\Delta P}{\Delta P_{сух}} = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta A)^3} \qquad (3.42)$$

где $A = \frac{3}{F_{св}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\omega^2 \cdot a \cdot b}{2g}}$

$$\Delta P = \frac{1}{(320 \cdot 0.07 \cdot 0.066)^3} \cdot 261 = 223\,Па$$

$$A = \frac{3}{0,92} \cdot \sqrt[3]{\frac{\left(1,61 \cdot 10^{-3}\right)^2 \cdot 320 \cdot 0,192}{2 \cdot 9,8}} = 0.066$$

$$b = \frac{1,74}{\mathrm{Re}_{ж}^{0,3}} = \frac{1,74}{1546^{0,3}} = 0,192 \qquad (3.43)$$

где $Re_{ж} = \frac{\omega_{ж} \cdot d_н}{V_{ж} \cdot (1 - F_{св})}$; $\quad Re_{ж} = \frac{1,61 \cdot 10^{-3} \cdot 0,025 \cdot 834}{27,7 \cdot 10^{-5} \cdot 9,8 \cdot (1 - 0,92)} = 1546$

$$\omega_{ж} = \frac{7,6}{3600 \cdot 0,785 \cdot 1,67^2} = 1,61 \cdot 10^{-3}\,м/с$$

Сопротивление слоя насадки в верхней части колонны,

$$\Delta P = \Delta P \cdot H \qquad (3.44)$$

ΔP=223·3,59=799 Па

Сопротивление слоя орошаемой насадки нижней части колонны, Па

$$\frac{\Delta P}{H} = L \cdot g \cdot \rho_n \cdot \varpi^2 \cdot 10^{\beta L_v \rho_{ж}}$$

(3.45)

ΔP=44,4·9,8·3,29·0,75^2·10$^{(0,0018*8,65)}$=816 Па

$$L_v^{'} = \frac{19,7}{0,785 \cdot 1,7^2} = 8.65 \; м^3 / (м^2 \cdot ч)$$

Сопротивление слоя насадки в низу колонны, Па

ΔP=5,53·816=4518 Па

(3.46)

Общее сопротивление слоя насадки, Па

ΔP=799+4518=5317 Па

Выводы по расчету

В расчётной части работы был составлен материальный баланс установки до и после модернизации, материальный и тепловой баланс экстракционной колонны К-8 с определением её конструктивных размеров. Расчёт диаметра составляет 2,9 метра, высота 22,5 метра, что не превышает паспортные данные. Произведен поверочный расчет кожухотрубного теплообменника, для охлаждения фенола водой перед подачей его в экстракционную колонну К-8. Поверхность теплообмена его составила - 70 м^2, так как данный теплообменник до реконструкции экстракционной колонны К-8 работал на более высоких загрузках, то после реконструкции у теплообменника имеется запас по теплосъему. Произведен расчет гидравлического сопротивления существующей насадки (кольца Рашига),

которое составляет 6262 Па, а так же расчет гидравлического сопротивления вновь монтируемых насадок пленочного типа ИМПА инжиниринг, которое составляет 5317 Па, что подтверждает их более эффективную работу.

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ и АСУТП

4.1. Основные принципы АСУТП

Проблема управления технологическим процессом возникла одновременно с его появлением. В то время, когда процессы были относительно простыми, функции управления выполнял человек-оператор. Ориентируясь по информации, поступающей от различных датчиков и приборов, он «вычислял» на основании своего опыта работы реакцию процесса на прилагаемые управляющие воздействия. Оператор подмечал, например, насколько надо изменить управляющие воздействия, чтобы показатель качества функционирования процесса изменился на определенную величину [16].

Таким образом, оператор замыкал контур управления. Он принимал решения и устанавливал значения управляющих параметров. По мере усложнения процессов оператору становилось все сложнее управлять ими, и тогда для решения задач управления стали использовать различные регуляторы. Они позволили обеспечить непрерывное управление отдельными операциями или стадиями процесса, но не были объединены в единую систему и поэтому не могли управлять процессом как единым целым. Функции управления процессом по-прежнему выполнял оператор.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами *(АСУТП),* при создании которых к процессу подходят как к единому целому, представляют собой качественно более высокую ступень управления. Основная задача автоматизированного управления состоит в

таком взаимосвязанном управлении всеми регуляторами процесса, при котором достигается максимальная его эффективность. Функции человека при этом сводятся к наблюдению или корректировке действий управляющей системы при возникновении возмущений, не предусмотренных программой управления. Создание и внедрение *АСУТП* – сложный процесс. Сложность его обусловлена следующими причинами.

Во-первых, несмотря на единые технические средства и методы разработки, каждая из создаваемых *АСУТП* может считаться уникальной, так как предназначена для управления конкретным объектом с индивидуальными характеристиками.

Во-вторых, при создании и внедрении *АСУТП* нельзя воспользоваться обычной схемой внедрения новой техники: создание опытного образца, выпуск и апробирование небольшой партии изделий, корректировка проекта и, наконец, создание окончательного варианта. При внедрении *АСУТП* отсутствует возможность ее проверки до ввода в эксплуатацию, поэтому неправильные решения и ошибки приходится исправлять на действующем оборудовании.

В-третьих, создание *АСУТП* заключается в постепенном наращивании ее составляющих, причем освоенные ранее задачи управления не исключаются и не заменяются. Эволюция *АСУТП* должна тщательно планироваться заранее, на самом первом этапе. И наконец, почти все объекты управления с течением времени претерпевают существенные изменения, что влечет за собой модернизацию внедренных задач управления. Поэтому *АСУТП* должны обладать адаптивностью (приспосабливаемостью).

Все перечисленные положения требуют создания и соблюдения общих принципов построения *АСУТП.*

Принцип первого руководителя состоит в том, что заказ на *АСУТП,* ее разработка и внедрение должны проводиться под непосредственным контролем первого руководителя, обладающего знаниями и правами, достаточными для успешного внедрения такой сложной системы, как

АСУТП.

Принцип непрерывного развития системы. В системе должна быть заложена возможность ее развития, выражающаяся во введении в службу *АСУТП* подразделений по подготовке новых задач и модернизации старых на базе современных достижений науки и техники. В противном случае *АСУТП* может стать тормозом для функционирования объекта управления.

Принцип новых задач. При внедрении *АСУТП* нельзя просто перекладывать на вычислительную технику традиционно сложившиеся методы учета, планирования и оперативного регулирования. Их нужно перестраивать с учетом открывающихся новых возможностей. Полнота, своевременность и оптимальность управления объектом могут быть обеспечены только после тщательного анализа недостатков прежнего управления и связанных с ними потерь (сырья, энергии, времени и т. п.). Технологические процессы многочисленны и разнообразны из-за вида используемого сырья, количества и формы энергоресурсов, количества стадий преобразования сырья, временных характеристик процесса, вида готовой продукции и т. д. Трудности контроля ряда параметров процессов и учета помех, недостаточная теоретическая изученность, сложность или невозможность постановки экспериментов на действующих объектах, характерные для большинства технологических процессов, превращают задачу их оптимизации в сложную научно-техническую проблему.

Для оценки качества функционирования технологических процессов вводят показатели качества, количественно выражающие степень достижения определенной цели. Выбор таких показателей является важным и ответственным этапом, включающим исследования возможностей технологического процесса, его ограничений, директивных указаний, требований потребителей продукции и т. п. В целом качество работы объекта характеризуется численным значением критерия управления, используемым для выработки управляющих воздействий при оптимизации функционирования объектов. Наиболее распространенным критерием

управления мощных производственных комплексов является прибыль. В отдельных случаях критерием служит производительность установки, или выход целевого продукта, или же один из показателей качества целевого продукта.Для определения стратегии оптимального управления, закладываемой в *АСУТП*, необходимо изучить процесс и разработать его модель. Модель устанавливает качественное и количественное соотношение между входными (управляющими, контролируемыми) и выходными параметрами процесса. На ее основе выполняются расчеты, необходимые для определения управляющих воздействий.

Общая задача управления технологическим процессом формулируется обычно как задача максимизации (минимизации) некоторого критерия (себестоимости, энергозатрат, прибыли) с учетом ограничений на технологические параметры, накладываемых регламентом. Решение такой задачи для всего процесса в целом очень трудоемко, а иногда практически невозможно ввиду большого числа факторов, влияющих на ход процесса. Поэтому весь процесс разбивают на отдельные участки, которые характеризуются сравнительно небольшим числом переменных. Обычно эти участки совпадают с законченными технологическими стадиями, для которых могут быть сформулированы свои подзадачи управления, подчиненные общей задаче управления процессом в целом.

Задачи управления отдельными стадиями обычно направлены на оптимизацию (в частном случае - стабилизацию) технологического параметра или критерия, легко вычисляемого по измеряемым режимным параметрам (производительности, концентрации продукта, степени превращения, расхода энергии). Оптимизацию проводят в рамках ограничений, задаваемых технологическим регламентом. На основании задач оптимального управления отдельными стадиями процесса формулируют задачи автоматического регулирования технологических параметров для отдельных аппаратов, которые далее рассматриваются как объекты управления. Объект управления является заданной, неизменяемой частью

системы управления. Для того чтобы система достигла цели управления, необходимо, зная свойства объекта управления, создать соответствующую ему управляющую систему [16].

4.2. Общая характеристика АСУТП. Назначение, цель, функции и состав АСУТП

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП) – это человеко-машинная система, обеспечивающая

эффективное функционирование технологического объекта на основе его управления с помощью средств автоматизации и вычислительной техники.

В отличие от АСР локального типа АСУТП решает задачи управления технологическим процессом как единым целым, во всей сложности взаимосвязанных структур и параметров процесса, автоматизируя принятие решений по оптимальному управлению этим процессом. Локальные же АСР, входящие в состав АСУТП, реализуют функции автономного управления отдельными частями технологического процесса и оперативного контроля за их режимами и параметрами. АСУТП отличает преобладание задач оперативного управления над задачами организационно-экономического типа, характерными для автоматизированных систем управления предприятием (АСУП), объединением (АСУО), отраслью (ОАСУ). То есть АСУТП функционирует в одном темпе с управляемым объектом или в реальном масштабе времени.

Наибольшее распространение получили три принципа построения АСУТП: централизованное управление; супервизорное управление; децентрализованное (распределение) управление.

Надежность *централизованной* АСУТП определяется надежностью устройств связи с объектом (УСО) и управляющей вычислительной машины (УВМ). При выходе их из строя нормальное функционирование технологического оборудования невозможно.

Более широкими возможностями и надежностью обладают АСУТП, в которых непосредственное регулирование объектами осуществляется локальными АСР, а УВМ выполняет функции «советчика» в так называемом супервизорном режиме. Основная задача *супервизорного управления* – автоматическое поддержание процесса вблизи оптимальной рабочей точки. При этом для оператора существует возможность использовать плохо формализованную информацию о ходе технологического процесса, вводя через УВМ коррекцию установок в локальные контуры (например, при изменении состава сырья и состава вырабатываемой продукции).

При большом числе каналов контроля и управления, большой длине линий связи, *децентрализация* структуры системы становится принципиальным методом повышения живучести АСУТП и снижения эксплутационных расходов.

Функционально-целевая децентрализация означает разделение процесса или системы на подпроцессы или подсистемы, имеющие самостоятельные цели функционирования, например переделы технологического процесса, режимы работы агрегатов и т.д..

Топологическая децентрализация означает территориальное (пространственное) разделение процесса на функционально-целевые подпроцессы, чтобы минимизировать суммарную длину линий связи, образующих вместе с локальными системами управления сетевую структуру.

Технической основой современных распределенных систем управления являются микропроцессоры (МП) и микропроцессорные системы (МПС), использование которых дает возможность достичь следующих целей:

- заменить аналоговые технические средства на цифровые там, где переход к цифровым средствам повышает точность, расширяет функциональные возможности и увеличивает гибкость систем управления;
- заменить технические средства с жесткой логикой на программируемые устройства или контроллеры;

- заменить одну мини-ЭВМ системой из нескольких микро-ЭВМ, когда необходимо обеспечить децентрализованное управление производством или технологическим процессом с повышенной надежностью.

АСУТП *предназначена* для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект в соответствии с принятым критерием управления. *Целью* работы АСУТП является выполнение этого критерия, т.е. обеспечение оптимального в определенном смысле функционирования технологического объекта, например получение максимального экономического эффекта с учетом плановых, экономических и технических ограничений. В частном случае это может быть максимальная производительность технологического процесса при заданном качестве продукта и исходного сырья, минимальная себестоимость продукции, минимальный расход сырья и т.п.

Функцией АСУТП называется совокупность ее действий, направленных на достижение частной цели управления. Различают три вида функций АСУТП: управляющие, информационные и вспомогательные.

К *управляющим* функциям АСУТП относятся:

- оптимальное управление технологическим процессом;

- регулирование и стабилизация параметров технологического процесса;

- координация участков производства;

- анализ и предотвращение аварийных ситуаций;

- управление состоянием оборудования;

- реализация управления исполнительными органами.

Информационные функции включают сбор, обработку и передачу информации о состоянии технологического объекта или внешней сферы.

На *вспомогательные* функции АСУТП возлагается контроль за правильностью функционирования самой системы управления, реализация и контроль информационного обмена с системами управления более высокого

уровня, слежение за астрономическим временем и отсчет временных интервалов и т.д [16].

4.3. АСУТП нефтепереработки и нефтехимии

За прошедшее десятилетие автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) нефтепереработки и нефтехимии получили существенное развитие в количественном и качественном отношениях. Установилась масштабная деятельность зарубежных и отечественных фирм по созданию программного обеспечения для решения задач контроля и управления технологическими процессами. Появились организации, выполняющие разработку и внедрение АСУТП "под ключ", включая изготовление и комплектацию оборудования. Усилившаяся конкурентная борьба способствовала повышению качества и снижению стоимости технических средств, программного обеспечения и выполняемых работ. Большое внимание уделяется повышению надежности систем.

Основными направлениями совершенствования функций контроля и управления в АСУТП является разработка алгоритмов реального времени для косвенного контроля неизмеряемых переменных, автоматизация настройки регуляторов, введение адаптивного одноконтурного и многосвязного регулирования, применение оптимального управления и экспертных систем. В основе всех указанных разработок лежит математическое моделирование технологических процессов методами статистики (объектно-независимые пакеты), формальной кинетики (объектно-зависимые пакеты) и теории нечетких множеств (для экспертных систем). Продолжается совершенствование комплекса технических средств АСУТП. Осуществлен переход от устаревшего пневматического оборудования и традиционных щитовых систем к

бесщитовым распределенным микропроцессорным АСУТП сетевой архитектуры, в составе которых широко используются IBM-совместимые компьютеры и новейшие программные средства. В управлении технологическими процессами, как правило, используются сети, являющиеся разновидностями стандартного MAP–протокола для автоматизации производства, разработанного компанией General Motors (США).

АСУТП нефтепереработки и нефтехимии традиционно строится по двухуровневому принципу.

Подсистема нижнего уровня АСУТП, информационно-управляющая подсистема, предназначена для оперативного контроля, автоматического регулирования и ручного дистанционного управления процессами, программно-логического управления технологическими агрегатами, контроля состояния, сигнализации, блокировки и защиты оборудования в аварийных ситуациях.

Информационно-управляющая подсистема является централизованной по характеру процессов контроля и управления и распределенной по аппаратной реализации своих функций. Задачи контроля и управления, решаемые на каждом рабочем месте в рамках этой подсистемы, достаточно универсальны и мало зависят от свойств объекта управления, а используемое программное обеспечение определяется выбором технических средств.

Функционирование информационно-управляющей подсистемы связано с переработкой текущей информации, поступающей с объекта. Решение задач, использующих информацию, накапливаемую за достаточно продолжительные интервалы времени, как правило, характерно для верхнего уровня АСУТП.

Подсистема верхнего уровня АСУТП ориентирована на решение задач расчетного характера и является централизованной как по способам хранения и обработки информации, так и по аппаратной реализации. В составе функциональных задач верхнего уровня АСУТП выполняются технологические и технико–экономические расчеты, диагностика состояния

технологического оборудования и учет времени его работы, прогнозирование показателей качества выпускаемой продукции, оптимальное управление установкой в целом и каждой из ее секций, архивирование значений технологических переменных с целью их апостериорного анализа.

Определяющими факторами, характеризующими качество подсистемы верхнего уровня, является, прежде всего, универсальность используемых алгоритмов, обеспечивающая возможность их применения на различных объектах, а также гибкость системы, удобство ее настройки и сопровождения.

В составе технических средств распределенных АСУТП выделяются следующие аппаратно-функциональные элементы:

- *субкомплексы связи с объектом*, обеспечивающие сбор информации, формирование и выдачу управляющих воздействий;
- *рабочие места операторов-технологов*, реализующих систему отображения информации и человеко-машинный интерфейс связи с процессом;
- *вычислитель* для решения функциональных задач верхнего уровня.

При организации субкомплексов связи с объектом большинство зарубежных и отечественных фирм считают основным подходом использование программируемых контроллеров как в составе сложных систем, так и автономных. Высокая надежность микропроцессорных программируемых контроллеров (МПК) обеспечивается путем аппаратного резервирования (дублирования или двойного дублирования) устройства в целом или отдельных информационных каналов. Живучесть выполняемых функций достигается высокой степенью их распределенности по аппаратным средствам за счет применения функциональных плат.

Рабочее место оператора-технолога предназначено для обеспечения контроля и управления ходом технологического процесса и его агрегатами без привлечения дополнительных средств. Организовано рабочее место опе-

ратора-технолога на базе контроллеров, оснащенных цветными графическими терминалами, алфавитно-цифровыми и функциональными клавиатурами. Многие фирмы используют сенсорные экраны, позволяющие перемещать курсор по полю экрана прикосновением пальца.

4.4. АСУТП блока экстракции установки селективной очистки масел фенолом

Сырье из резервуаров забирается насосами Н-1(Н-15, Н-2, Н-1а) и подается на верхнюю и третью тарелку абсорбера К-7.

Расход сырья на установку регулируется регулятором расхода поз.FC-1. Регулирующие клапаны установлены на линии подачи пара к насосам Н-1а, Н-2 и на линии выкида насосов Н-15,Н-1.

Количество сырья на установку учитывается счетчиком поз.FQI-19. В низ абсорбера К-7 подают пары азеотропной смеси (пары воды и фенола) из колонны К-5. Сырье в абсорбере проходит сверху вниз 18 тарелок и, встречаясь с парами азеотропной смеси, поглощает пары фенола. Водяной пар со следами фенола с верха абсорбера К-7 поступает в емкость Е-5, откуда в камеру сгорания печи П-1. Из емкости Е-5 конденсат дренируется в Е-7. Уровень емкости Е-5 контролируется прибором поз. LI-59.

С низа абсорбера К-7 сырье перетекает в буферную емкость Е-13, откуда забирается насосом Н-2(Н-2а, Н-15) и подается через холодильник Т-3 в среднюю часть экстракционной колонны К-8.

Уровень в абсорбере К-7 контролируется прибором поз.LI-62. Уровень в емкости Е-13 регулируется регулятором уровня поз.LC-61, регулирующий клапан установлен на выкиде насоса Н-1а. Температура верха и низа К-7 (98…115) ^{0}С контролируется прибором поз.TI-50. Расход сырья в колонну К-8 регулируется регулятором расхода поз.FC-51, регулирующий клапан установлен на линии подачи сырья в К-8. Температура сырья после Т-3 контролируется прибором поз. TI-50.

В верхнюю часть колонны К-8 из емкостей Е-3, Е-3а насосом Н-8(Н-8а) через Т-18 подается растворитель - фенол. Температура фенола, поступающего в К-8, контролируется прибором поз. TI-50. Количество фенола, подаваемого на экстракцию в К-8, регулируется регулятором расхода поз.FC-2, регулирующий клапан установлен на линии подачи фенола в К-8.

Фенол, опускаясь в низ колонны К-8, вследствие высокого удельного веса, проходит через сплошной слой сырья, подаваемого в среднюю часть колонны К-8, которое в силу меньшего удельного веса движется вверх по колонне.

Снижение температуры в низу колонны и уменьшение растворяющей способности фенола достигается подачей фенольной воды насосом Н-14(Н-14а, Н-12) из емкости Е-4 (Е-6). Количество фенольной воды, подаваемой на верх К-8 (до 1,5 $м^3$/ч), регулируется регулятором расхода поз.FC-86. Регулирующий клапан установлен на линии подачи фенольной воды от Н-14 (Н-14а).

Температура в средней и верхней частях колонны К-8 регулируется нагревом сырья и фенола, температурный режим устанавливается в зависимости от температуры полного растворения сырья в феноле (критической температуры растворения) и требований к качеству рафината.

Температура верха, середины и низа К-8 контролируется прибором поз. TI-50. Раздел фаз в К-8 контролируется прибором поз. LI-100. В зависимости от качества сырья уровень раздела фаз (экстрактного и рафинатного слоёв) в колонне К-8 может находиться на 2-й и 3-й тарелках.

Верхний слой - рафинатный раствор свободно перетекает в промежуточную емкость Е-1. Уровень в емкости Е-1 контролируется приборами поз. LIA-54, LI-55. При понижении нижнего уровня в Е-1 до 20 % срабатывает световая и звуковая сигнализация на УАС-24 в операторной [18].

5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1. Охрана труда

Опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора технологической установки селективной очистки масел фенолом

В условиях производства на человека действуют в основном техногенные опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами. Все опасные и вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по условиям их проявления в окружающей среды подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические. Уровни опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах должны соответствовать требованиям стандартов безопасности по всем видам опасных и вредных факторов.

При эксплуатации установки селективной очистки масел фенолом возможны следующие опасные и вредные воздействия на оператора:

1. Химические.

Согласно ГОСТа 12.1.005-88 установлены следующие величины предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ которые могут быть в воздухе на рабочем месте:

- диоксид серы - 10 мг/м^3
- азота оксиды - 5 мг/м^3
- оксиды углерода - 20 мг/м^3

- углеводороды - 300 мг/м^3 (среднесменная),

900 мг/м^3 (максимально разовая)

- фенол -0,3 мг/м^3 (среднесменная),

1,0 мг/м^3 (максимально разовая)

Установленные предельно допустимые концентрации в воздухе рассматриваются как максимальные, любое превышение которых является недопустимым

2. Физические.

Производственная санитария представляет собой систему санитарно-технических и гигиенических мероприятий. Задача производственной санитарии - это создание оптимальных метеорологических условий, оптимального физико-химического состава воздушной среды (освещенности, уровня шума, вибраций, ультра- и инфразвука) [18].

Таблица 5.1

Нормы производственной санитарии.

Наименование условий		Место отбора	Нормы
Освещенность естественная (СНиП 23-05-95)		Операторная	1,0%
		Производственные помещения	0,6%
Освещенность искусственная (СНиП 23-05-95)		Операторная	не менее 200 лк
		Производственные помещения	100 лк
Шум(ГОСТ 12.1.003-83)		Операторная	не более 65 дБА
		Производственные помещения	не более 80 дБА
СанПиН 2.2.4.584-96	Температура в	Операторная	19-24°С
		Производственные помещения	
	Температура в	Операторная	20-28°С
		Производственные помещения	
	Влажность воздуха	Операторная	15-75%
		Производственные помещения	
	Скорость движения воздуха в холодный период	Операторная	не более 0,2 м/с
		Производственные помещения	

	Скорость движения воздуха в теплый период	Операторная Производственные помещения	не более 0,2 м/с

На установке с продуктами селективной очистки масел, запрещается обращение с открытым огнем. Электрооборудование, искусственное освещение должно быть выполнено во взрывопожаробезопасном исполнении. Все работы должны производиться инструментами, не дающими при ударе искру. В помещениях постоянно должна работать приточно-вытяжная вентиляция.Технологический процесс установки селективной очистки предусматривает высокий температурный режим, вследствие, чего прикосновение рабочего к неизолируемым частям оборудования может привести к термическому ожогу.

Индивидуальные и коллективные средства защиты работающих, правила их применения

Индивидуальные средства защиты предназначены для предохранения органов дыхания и тела человека от вредного воздействия паров и жидкостей, растворителя и нефтепродуктов, от нежелательных влияний среды (температура,влага).

Обслуживающий персонал установки должен пользоваться следующими средствами индивидуальной защиты, выдаваемыми в соответствии с отраслевыми нормами в установленном порядке:

- для защиты органов дыхания от воздействия углеводородных газов, паров нефтепродуктов - противогазы сфильтрующей коробкой АВЕАХР;

- для защиты кожи тела используется спецодежда;

- для защиты головы от возможных травм используется защитная каска.

Кроме того установка комплектуется:

- шланговыми противогазами ПШ-1 с комплектом масок и специальным поясом с веревкой для работ внутри аппаратов, приямках, колодцах;

- защитным щитком и очками для защиты глаз при розжиге печей;

- аварийным запасом противогазов с фильтрующей коробкой АВЕАХР и шланговых противогазов ПШ-1;

- медицинской аптечкой с необходимым набором медикаментов для оказания первой помощи пострадавшему.

Всем работникам установки в соответствии со статьей 222 Трудового кодекса РФ выдается молоко по установленным нормам, либо компенсируется денежной выплатой в размере стоимости молока.

Во время работы обслуживающий персонал обязан:

- пользоваться выданной ему спецодеждой, спецобувыо и другими средствами индивидуальной защиты (СИЗ), находиться на рабочем месте без спецодежды и спецобуви не допускается.

- бережно относиться к выданной спецодежде, спецобуви и другим СИЗ, своевременно ставить в известность руководство о необходимости чистки, стирки, ремонте СИЗ, запрещается стирать спецодежду в горючих и легковоспламеняющихся жидкостях, сушить на горячих трубопроводах и вентиляторах;

- при обнаружении непригодности средств зашиты их необходимо заменить;

-для предохранения рук рабочих от травм необходимо пользоваться рукавицами, резиновыми перчатки или рукавицами типа КР, не допускается пользоваться рваными рукавицами;

- при работе с опасными и вредными веществами, а также при выполнении работ, когда возможно попадание в глаза человека пыли, окалины, ржавчины необходимо пользоваться защитными очками, щитком;

- облитую нефтепродуктом спецодежду необходимо снять и заменить чистой;

- сроки носки СИЗ установлен отраслевыми нормами и исчисляется со дня выдачи.

Методы и средства защиты работающих от производственных опасностей

1.Оборудование и его обвязка выполнены герметичными, материалы подобраны соответственно свойствам технологической среды и технологическим параметрам процесса.

2.Все технологическое оборудование, за исключением насосов, размещено на открытой площадке, чем обеспечиваются более безопасные условия его работы и обслуживания.

3.Оборудование защищено от превышения давления:

-средствами автоматического контроля и регулирования давления;

-предохранительными (рабочими) клапанами. Сброс с рабочих ППК выполнен в атмосферу за пределы установки.

4.Оборудование защищено от превышения или снижения допустимого уровня жидкой фазы средствами контроля и регулирования уровня.

5.Исполнение регулирующих клапанов «нормально открытый» или «нормально закрытый» выбрано таким образом, чтобы предупредить выход технологических параметров за критические значения при отсутствии управляющего сигнала.

6.От разрушающего воздействия внутренней коррозии оборудование защищено увеличением толщины стенок (прибавка на коррозию). Один раз в год производится контроль толщины стенок на соответствие нормам.

7.Для исключения разгерметизации (размораживания) оборудования в зимних условиях предусмотрено:

-термоизоляция оборудования,

-обогрев емкостей,

-оборудование трубопроводов паровыми спутниками и дренажами.

8.На здании насосных и на дымовых трубах печей П-1, П-2/3 установлены молниеотводы, все оборудование заземлено. Для предупреждения накопления зарядов статического электричества все оборудование заземлено на единый контур заземления.

9.Используется оборудование во взрывозащищенном исполнении.

10.Вентустановки ПУ-1,2,3 и все насосное оборудование на установке имеют резерв.

11.Для предотвращения образования взрывоопасных смесей на установке предусмотрена пропарка технологического оборудования водяным паром при подготовке к ремонту и ревизии. Для продувки оборудования, трубопроводов при подготовке к ремонту и опрессовки оборудования после ремонта предусмотрена подача инертного газа высокого давления.

12. На щите управления в операторной смонтирована система дистанционного включения и отключения АВУ-1,2,3. Так же дистанционно с щита управле-ния отключаются ПУ-1,1а, ПУ-2,2а, ПУ-3,3а, ВУ-1,2,2а , включение в работу указанных позиций производится с штатных

включателей расположенных у входа в насосные №1, №2, №3. О находящихся в работе вентиляционных установках информирует световая сигнализация на щите управления технологическим процессом [18].

5.2. Пожарная безопасность

Установка селективной очистки масел фенолом является взрывопожароопасной.

Сырье и продукты установки являются горючими веществами.

Масл. дистиллят: температура вспышки: не ниже 160 °С.

Деасфальтизат: температура вспышки: не ниже 220 ^{0}С

температура самовоспламенения: 340-380 ^{0}С

Рафинат: температура вспышки: не ниже 150 ^{0}С

Экстракт: температура вспышки: 160-210 ^{0}С

температура самовоспламенения: 300-390 ^{0}С

температура воспламенения: 230-310 ^{0}С

Фенол: температура вспышки: 79 ^{0}С

температура самовоспламенения: не ниже 595 ^{0}С

Основные требования по обеспечению взрывопожаробезопасности объекта

1.Территория установки должна содержаться в чистоте. Мусор, отходы производства должны систематически убираться с территории установки. Не допускать разлива нефтепродуктов, а в случае разлива это место должно быть зачищено и засыпано песком.

2.Не допускать загромождение дорог, проездов, подъездов, подступов к зданиям и сооружениям, пожарному оборудованию, пожарным гидрантам, средствам пожарной связи и сигнализации.

3.Колодцы с гидрантами должны содержаться в чистоте, люки колодцев должны быть закрыты крышками. Исправность гидрантов должна проверяться 2 раза в год. Использование пожарных гидрантов для других целей запрещается.

4.Запрещается применение открытого огня для отогревания замерзших узлов, освещения емкостей с огнеопасными продуктами, траншей, колодцев и прочих сооружений, где возможно скопление горючих паров и газов. При отсутствии стационарного электрического освещения указанных мест могут применяться переносные аккумуляторные фонари во взрывозащищенном исполнении.

5.Все производственные и подсобные помещения должны содержаться в чистоте. Проходы и выходы не разрешается загромождать различными предметами и оборудованием. Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в направлении выхода из здания. Количество эвакуационных выходов из каждого производственного помещения должно соответствовать требованиям СНиП.

6.Хранение смазочных материалов в производственных помещениях разрешается в количестве не более 20 литров в несгораемых шкафах или ящиках с плотно закрывающимися крышками. Смазочные материалы в количестве более 20 литров следует хранить в специально предусмотренных для этого местах.

7.Во избежание распространения огня по сети производственной канализации, в случае возникновения пожара, на ней должны быть установлены гидравлические затворы.

Крышки смотровых колодцев производственной канализации должны быть постоянно закрыты и засыпаны слоем песка не менее 10 см в стальном, железобетонном или кирпичном кольце.

8Не допускается сушить одежду, спецодежду, промасленную ветошь и горючие материалы на нагревательных приборах и трубопроводах отопления.

9.Молниезащита и защита зданий и сооружений от вторичных проявлений молний должна выполняться в соответствии с «Указаниями по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений». Защита от статического электричества должна соответствовать требованиям «Правил защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности». Заземляющие устройства должны проверяться не реже одного раза в год.

10.Установка должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения. Пожарное оборудование и инвентарь должны быть

развешены на видных и легкодоступных местах и содержаться в полной исправности и готовности к немедленному использованию. За их техническим состоянием должен быть установлен постоянный контроль. Пуск и работа установки с неисправной системой пожаротушения запрещается.

11.Оборудование и трубопроводы перед приемом в них нефтепродуктов должны быть освобождены от воздуха путем продувки ин.газом или водяным паром. Все аппараты и трубопроводы должны быть опрессованы на герметичность.

12.Изменение температуры и давления в аппаратах должно производиться плавно.

13.Пользоваться ломами и трубами при открывании задвижек, вентилей и других напорных приспособленийво время работы установки запрещается.

14.При обнаружении пропусков в корпусе аппаратов необходимо немедленно подать водяной пар к месту пропуска и принять необходимые меры к выключению аппарата из работы и устранению пропусков.

15.Дренирование сжиженных газов, ЛВЖ, ГЖ из трубопроводов и аппаратов необходимо осуществлять в закрытую систему.

16.Не допускать пропитки теплоизоляции нефтепродуктами. Участки теплоизоляции, пропитанные нефтепродуктами, должны быть заменены.

Для извещения о пожаре на установке в операторной предусмотрено:

-прямая диспетчерская связь;

-прямая связь с ПЧ;

-телефонная связь по телефону 01, и внутренним номерам телефонов.

В случае возникновения пожара на установке необходимо удалить из помещений и территории установки всех рабочих и служащих, не занятых ликвидацией пожара и действовать согласно «Плана локализации и ликвидации аварий».

Таблица 5.2

Классификация зданий, помещений и наружных установок по взрывопожарной опасности.

Наименование	Категория взрывопожар-ной и пожарной опасности	Класс взрыво-опасной зоны	Категория и группа взрывоопасных смесей
Установка 37/1 №4	Б		IIA-T1
Насосная № 1	Б	В-1а	IIA-T1
Насосная № 2	Б	В-1а	IIA-T1
Насосная № 3	Б	В-1а	IIA-T1
Венткамера насосной	д	НВЗО	
РУ	д	НВЗО	
Будка КИП	д	НВЗО	
Аппаратный двор		В-1г	IIA-T1
Операторная	д	НВЗО	

Способы и необходимые средства пожаротушения

Для того, чтобы прекратить горение, необходимо устранить условия, которые способствуют его возникновению или продолжению. Прекращение горения может быть достигнуто различными способами [18].

1.Охлаждением горящего вещества до температуры более низкой, чем температура воспламенения.

2.Прекращением доступа воздуха.

3.Удалением горючего вещества из сферы горения.

4.Химическим торможением процесса с помощью специальных веществ.

СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

1. Вода.

Для тушения загораний на аппаратном дворе и защиты оборудования металлоконструкций от огня используются лафетные установки ЛВ-1, ЛВ-2.

В ряде случаев тушение водой недопустимо: при тушении легковоспламеняющихся нефтепродуктов, в том числе легкого масла и при тушении электрооборудования и тех мест, где оно находится.

2. Водяной пар.

Водяной пар применяется главным образом в закрытых пространствах. Для насосных, печей и этажерок блока колонн имеются стационарные системы паротушения.

3. Огнетушители.

На установке применяются огнетушители ОП-8, ОП-10, ОП-5, ОУ-5.

6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

6.1. Виды и источники загрязнения

Загрязнением в узком смысле считается привнесение в какую-либо среду новых, не характерных для неё физических, химических и биологических агентов или превышение естественного среднемноголетнего уровня этих агентов в среде. Непосредственными объектами загрязнения (акцепторами загрязняющих веществ) служат основные компоненты экотопа (местообитание биотического сообщества): атмосфера, вода, почва. Косвенными объектами загрязнения (жертвы загрязнения) являются составляющие биоценоза – растения, животные, микроорганизмы.

Источники загрязнения весьма разнообразны: среди них не только промышленные предприятия и теплоэнергетический комплекс, но и бытовые отходы, отходы животноводства, транспорта, а также химические вещества, намеренно вводимые человеком в экосистемы для защиты полезных продуцентов от вредителей, болезней и сорняков. Среди ингредиентов загрязнения – тысячи химических соединений, особенно металлы и оксиды, токсические вещества, аэрозоли. Разные источники выбросов могут быть одинаковыми по составу и характеру загрязняющих веществ. Так, углеводороды поступают в атмосферу и при сжигании топлива, и от нефтеперерабатывающей, и от газодобывающей промышленности. Загрязнителем может быть любой физический агент, химическое вещество и биологический вид (главным образом микроорганизмы), подающие в окружающую среду или возникающие в ней в количествах, выходящих за рамки своей обычной концентрации – предельных естественных колебаний

или среднего природного фона в рассматриваемое время [10].

Различают антропогенные загрязнители, разрушаемые биологическими процессами и неразрушаемые ими (стойкие). Первые входят в естественные круговороты веществ и поэтому быстро исчезают или подвергаются разрушению биологическими агентами. Вторые не входят в естественные круговороты веществ, а потому разрушаются организмами в пищевых цепях. Загрязнения окружающей среды подразделяют на природные, вызванные какими-то естественными, обычно катастрофическими причинами (извержение вулкана, селевой поток и т.п.), и антропогенные, возникающие в результате деятельности людей. Среди антропогенных выделяют загрязнение биологическое – случайное или благодаря деятельности человека; механическое – засорение среды агентами, оказывающими лишь механическое воздействие без физико-химических последствий; химическое – изменение естественных химических свойств среды, в результате которого повышается среднемноголетнее колебание количества каких-либо веществ для рассматриваемого периода времени, или проникновение в среду веществ, нормально отсутствующих в ней или в концентрациях, превышающих норму.

Загрязнение физическое подразделяется на: 1) тепловое (термальное), возникающее в результате повышения температуры среды главным образом в связи с промышленными выбросами нагретого воздуха, отходящих газов и воды; 2) световое – нарушение естественной освещённости местности в результате воздействия искусственных источников света, приводящее к аномалиям в жизни растений и животных; 3) шумовое, образующееся в результате увеличения интенсивности и повторяемости шума сверх природного уровня; 4) электромагнитное, появляющееся в результате изменения электромагнитных средств среды (от линии электропередачи, радио и телевидения, работы некоторых некоторых промышленных установок и т.п.), приводящее к глобальным и местным геофизическим аномалиям и изменениям в тонких биологических структурах; 5) радиоактивные, связанные с превышением естественного уровня содержания

в среде радиоактивных веществ.

Загрязнение микробиологическое (микробное) – появление необычно большого количества микроорганизмов, связанное с массовым их размножением на антропогенных субстратах или средах, изменённых в ходе хозяйственной деятельности человека. С экологических позиций загрязнение означает непросто внесение в атмосферу, почву или воду тех или иных чуждых им компонентов. В любом случае объектом загрязнения является элементарная структурная единица биосферы – биогеоценоз. Кроме того, избыток одних веществ в природной среде или просто присутствие в ней других веществ означает изменение режимов экологических факторов, поскольку вредные вещества по сути дела и есть экологические факторы. Следовательно, режим этих факторов (или их состав) отклоняется от требований экологической ниши того или иного организма (или звена в пищевой цепи). При этом нарушаются процессы иного обмена веществ, снижается интенсивность ассимиляции продуцентов, а значит, и продуктивность биогеоценоза в целом. Таким образом, с экологической позиции загрязнению можно дать следующее определение: загрязнение окружающей среды есть любое внесение в ту или иную экологическую систему (биогеоценоз) не свойственных ей живых или неживых компонентов или структурных изменений, прерывающих круговорот веществ, их ассимиляцию, поток энергии, вследствие чего данная экосистема разрушается или снижается её продуктивность.

Загрязнение среды – сложный многообразный процесс. Отходы производств оказываются обычно там, где их раньше не было. Многие из них химически активны и способны взаимодействовать с молекулами, входящими в состав в ткани живого организма, или активно окисляться на воздухе. Понятно, что такие вещества оказываются ядами по отношению ко всему живому. Последствия загрязнения далеко не всегда ощущаются сразу. Скачкообразным проявлением загрязнения нередко предшествуют скрытые. Именно поэтому в настоящее время ученые интенсивно ищут способы

своевременной косвенной индикации загрязнения в самые начальные его моменты. Но загрязнение – это не только выброс в природную среду вредных веществ. При отводе воды в естественные водоемы от систем охлаждения в них изменяется естественный режим температуры , что представляет собой тепловое загрязнение . Важно то, что меняется режим температуры. В качестве загрязнения можно рассматривать и отклонение от оптимальных параметров уровней шума и освещенности.

Можно кратко сформулировать последствия загрязнения следующим образом: Загрязнение среды есть процесс нежелательных потерь вещества, энергии, труда и средств, приложенных человеком к добыче и заготовке сырья и материалов, превращающихся в безвозвратные отходы , рассеиваемые в биосферу. Загрязнение имеет следствием необратимое разрушение как отдельных экологических систем, так и биосферы в целом, включая воздействие на глобальные физико-химические параметры среды. Вследствие загрязнения теряются плодородные земли, снижается продуктивность экологических систем и биосферы в целом. Загрязнение прямо или косвенно ведет к ухудшению физического и морального состояния человека как главной производительной силы общества.

Защита окружающей среды от загрязнения – одна из ключевых задач в общей проблеме оптимизации природопользования, сохранения качества среды для настоящего и будущих поколений людей. В связи с этим существует система государственного контроля соблюдения требований закона «Об охране окружающей среды».

Задачи контроля в области охраны окружающей среды. Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) проводится в целях обеспечения органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами исполнения законодательства в области охраны окружающей среды, соблюдения требований, в том числе нормативов и нормативных документов,

в области охраны окружающей среды, а также обеспечения экологической безопасности. Государственный контроль в области охраны окружающей среды осуществляется федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Государственный контроль в области охраны окружающей среды (государственный экологический контроль) осуществляется в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. (Федеральный закон от 10 января 2002г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" Гл. 11 ст.65)

Производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль) (ФЗ от 10 января 2002г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" Гл. 11 ст.67) осуществляется в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды.

Субъекты хозяйственной и иной деятельности обязаны предоставить сведения об организации производственного экологического контроля в органы исполнительной власти и органы местного самоуправления, осуществляющие соответственно государственный и муниципальный контроль в порядке, установленном законодательством [10].

6.2. Выбросы вредных веществ установки селективной очистки масел фенолом

Твердые и жидкие отходы производства

При остановке установки на капитальный ремонт, при подготовке к ремонту производят чистку аппаратов и емкостей от нефтяного шлама. Нефтяной шлам, извлеченный из аппаратов, собирают в специальные контейнеры и вывозят автотранспортом на городской полигон [18].

Таблица 6.1

№ п/п	Наименование отхода	Место складирования, транспорт	Периодичность образования	Условие (метод) и место захоронения, обезвреживания, утилизации	Количество, кг/сутки (т/год)
1	2	3	4	5	6
1.	Неиспользуемые: нефтяной шлам при чистке аппаратов и емкостей	Контейнер на бетонированной площадке, автотранспорт	ежедневно	ЗАО «Полигон»	32,876 (12 тонн в ремонт)
2.	Используемые: масла индустриальные отработанные	Закрытые бочки на бетонированной площадке	ежемесячно	ОАО «Газпромнефть -ОНПЗ», ТЭУ-1	4,685 (1,71)
3.	Ртутные термометры, отработанные и брак	В заводской упаковке в складе хранения РСО, спец.автотранспорт	ежемесячно	ООО «Мерк»	0,001

Сточные воды

Горячая вода с конденсаторов и холодильников, после охлаждения подшипников насосов сбрасывается с установки в систему оборотной воды.

Вода после охлаждения сальниковых и торцевых уплотнений насосов, от мытья полов, от дренажей аппаратов собирается в подземную емкость Е-7 для последующего извлечения фенола в абсорбере К-7. Водяные пары со

следами фенола из абсорбера К-7 через емкость Е-5 сбрасываются в камеру сгорания печи П-1 для дожига фенола [18].

Таблица 6.2

Наименование стока	Количество образующихся сточных вод, $м^3/ч$	Периодичность выбросов	Место сброса	Установленная норма содержания загрязнений в стоках, мг/л
Горячая оборотная вода	130	Постоянно	На водоблок	Фенол - 5мг/л, нефтепродукт - 90 мг/л

Выбросы в атмосферу

Таблица 6.3

№ п/п	Наименование выброса	Количество образования выбросов по видам, т/год	Условие (метод) ликвидации, обезвреживания, утилизации	Периодичность выбросов	Установленная норма содержания загрязнений в выбросах, $мг/м^3$	Примечание

1.	Дымовые газы из трубы печи П-1: Ист. №214 Азота диоксид (IV) Азот (II) оксид Сера диоксид Углерод оксид Смесь углеводородов предельных C_1-C_5 Бенз(а)пирен Гидроксибензол (Фенол) Мазутная зола (в пересчете на ванадий)	 2,426 0,394 4,948 21,066 0,017 0,0000028 0,009 0,001	не предусмотрен	постоянно	 36,32 5,89 399,93 316,30 0,36 0,0000402 0,13 0,0045	Объемный расход газовоздушной смеси на выходе из источника 2,24 $м^3/с$
2.	Дымовые газы из трубы печи П-2/3: Ист. №213 Азота диоксид (IV) Азот (II) оксид Сера диоксид Углерод оксид Смесь углеводородов предельных C_1-C_5 Бенз(а)пирен Мазутная зола (в пересчете на ванадий)	 7,966 1,295 35,545 6,290 0,453 0,0000114 0,028	не предусмотрен	постоянно	 31,02 5,04 264,40 24,68 1,76 0,0000397 0,099	Объемный расход газовоздушной смеси на выходе из источника 9,08 $м^3/с$

Продолжение таблицы 6.3

3.	Вентсистема насосной № 1 Ист. №215 Смесь углеводородов предельных C_1-C_5 Смесь углеводородов предельных C_6-C_{10} Гидроксибензол (Фенол)	 0,038 0,022 0,019	не предусмотрен	постоянно	 0,75 0,4375 0,375	Объемный расход газовоздушной смеси на выходе из источника 1,60 $м^3/с$
4.	Вентсистема насосной № 2 Ист. №216 Смесь углеводородов предельных C_1-C_5 Смесь углеводородов предельных C_6-C_{10} Гидроксибензол (Фенол)	 0,066 0,025 0,041	не предусмотрен	постоянно	 0,875 0,333 0,542	Объемный расход газовоздушной смеси на выходе из источника 2,40 $м^3/с$

5.	Вентсистема насосной № 2 Ист. №775 Смесь углеводородов предельных C_1-C_5 Смесь углеводородов предельных C_6-C_{10} Гидроксибензол (Фенол)	0,069 0,013 0,004	не предусмотрен	постоянно	0,917 0,167 0,604	Объемный расход газовоздушной смеси на выходе из источника 2,40 $м^3/с$

Продолжение таблицы 6.3

6.	Вентсистема насосной № 3 Ист. №217 Смесь углеводородов предельных C_1-C_5 Смесь углеводородов предельных C_6-C_{10} Гидроксибензол (Фенол)	 0,022 0,013 0,009	не предусмотрен	постоянно	 0,5 0,286 0,214	Объемный расход газовоздушной смеси на выходе из источника 1,40 $м^3/с$
7.	Неорганизованные выбросы Ист. №6064 Смесь углеводородов предельных C_1-C_5 Смесь углеводородов предельных C_6-C_{10} Гидроксибензол (Фенол)	 18,090 4,808 10,099	не предусмотрен	постоянно	 0,004	

Нормы и требования, ограничивающие вредное воздействие процессов производства и выпускаемой продукции на окружающую среду

Установка селективной очистки масел имеет следующие выбросы вредных веществ в атмосферу:

- организованные,

- неорганизованные.

К организованным выбросам относятся: дымовые газы из дымовых труб нагревательных печей и выбросы вытяжных систем вентиляции.

К неорганизованным выбросам относятся: воздушники аппаратов, неплотности технологического оборудования аппаратного двора. Выбросы через неплотности оборудования определяются условно, процесс ведется в герметически закрытой системе.

Основными вредными веществами выбрасываемыми в атмосферу из источников являются: углеводороды, оксиды азота, оксиды углерода, диоксид серы, фенол.

Согласно ГОСТ ГН 2.2.5.1313-03 установлены следующие величины предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны:

-диоксид серы - 10 мг/м^3

-азота оксиды - 5 мг/м^3

-оксиды углерода - 20 мг/м^3

-углеводороды - 300 мг/м^3 (среднесменная), 900 мг/м^3 (максимально разовая)

-фенол -0,3 мг/м^3

Уменьшение до или ниже регламентированного уровня (ПДК) или полная ликвидация загрязнения атмосферы выбросами наряду с другими технологическими показателями являются одним из основных критериев качества работы установки.

Для снижения выбросов вредных веществ в окружающую среду предусматриваются следующие мероприятия:

-смонтирована дыхательная система для улавливания фенолсодержащих водяных паров с емкостей;

-смонтирована система сброса фенолсодержащих водяных паров с верха абсорбера К-7 через емкость Е-5 в камеру сгорания печи П-1;

-пропарка системы аппаратов и трубопроводов проводится периодически перед пуском и ремонтом установки 1 раз в 1-2 года в закрытую систему, с конденсацией фенолсодержащих водяных паров в холодильниках Т-7х, Т-10 и сбором конденсата в емкости Е-3, Е-3`, Е-4;

-применение герметичных насосов, что позволяет исключить утечки продукта через уплотнения.

-выполнена схема утилизации тепла при регенерации фенола из экстрактного раствора, позволившая снизить тепловую нагрузку на печь П-2

Для уменьшения до или ниже регламентированного уровня или полной ликвидации загрязнения водных объектов сбросами жидких нефтепродуктов и фенол содержащих продуктов со сточными водами на установке смонтирована сеть спецканализации - заглубленная дренажная емкость Е-7, предназначенная для сброса фенола, фенолсодержащих продуктов, масла от сальников насосов, дренажей аппаратов. Насосом Н-12, Н-2, Н-20 содержимое емкости Е-7 откачивается в емкости Е-6, Е-4.

Для снижения потерь фенола через сальники центробежных насосов смонтированы торцевые уплотнения, внедрены бессальниковые насосы Н-14, Н-14а.

Контроль за качеством воды на содержание фенола и нефтепродукта осуществляется сангигиенической лабораторией.

Содержание нефтепродукта в сточных водах с установки не должно превышать 90 мг/л, содержание фенола не должно превышать 5 мг/л [18].

6.3. Методы снижения выбросов на производстве

Методы снижения выбросов на производстве могут применятся следующие:

– совершенствование технологических процессов;

– снижение неорганизованных выбросов;

– строительство новых и повышение эффективности существующих очистных сооружений;

– ликвидация источников загрязнения;

– перепрофилирование производства.

В тех же случаях, когда выбросы в атмосферу превышают предельно допустимые, необходимо использовать аппараты для очистки газов от примесей *(рис. 1).*

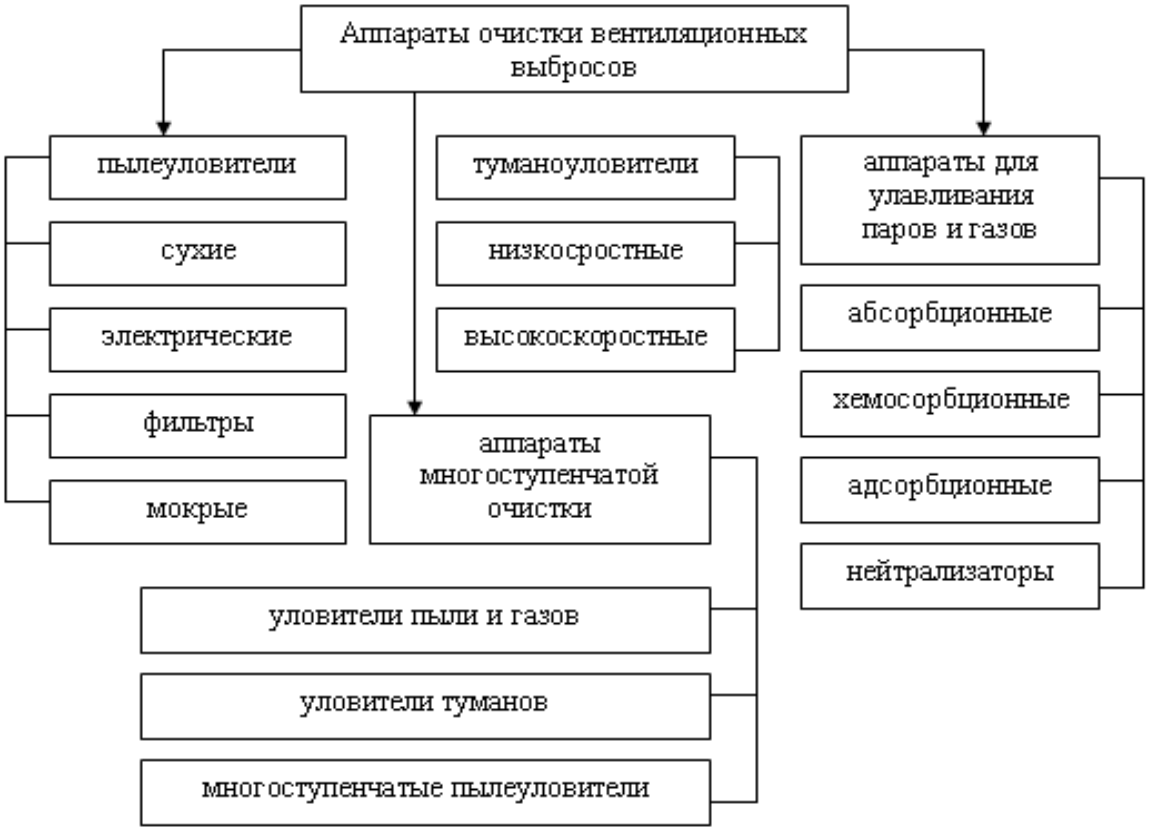


рис 1. Аппараты для очистки газов от примесей.

В тех случаях когда вода не соответствует нормам качества – вещества находящиеся в составе бытовых сточных вод превышают ПДК, установленные нормативно – технической документацией *(ГОСТ 17.1.1.01-77)*, применяют различные методы очистки *(рис 2).*

При механической очистке происходит разделение жидкой и твёрдой фаз стоячих вод. Жидкая часть подвергается биологической очистке. Сточные воды, поступающие в аэротанки, продуваются снизу мощным

потоком мельчайших пузырьков воздуха. Очищающим началом является активный ил - совокупность микроскопических растений и животных.

При избытке кислорода и при притоке органических веществ в активном иле бурно развиваются бактерии, которые склеиваются в хлопья, обладающие огромной рабочей поверхностью. Они выделяют ферменты, расщепляющие органические загрязнения до простых минеральных веществ, т.к. бактерии склеены в хлопья, активный ил быстро оседает и отделяется от уже чистой воды.

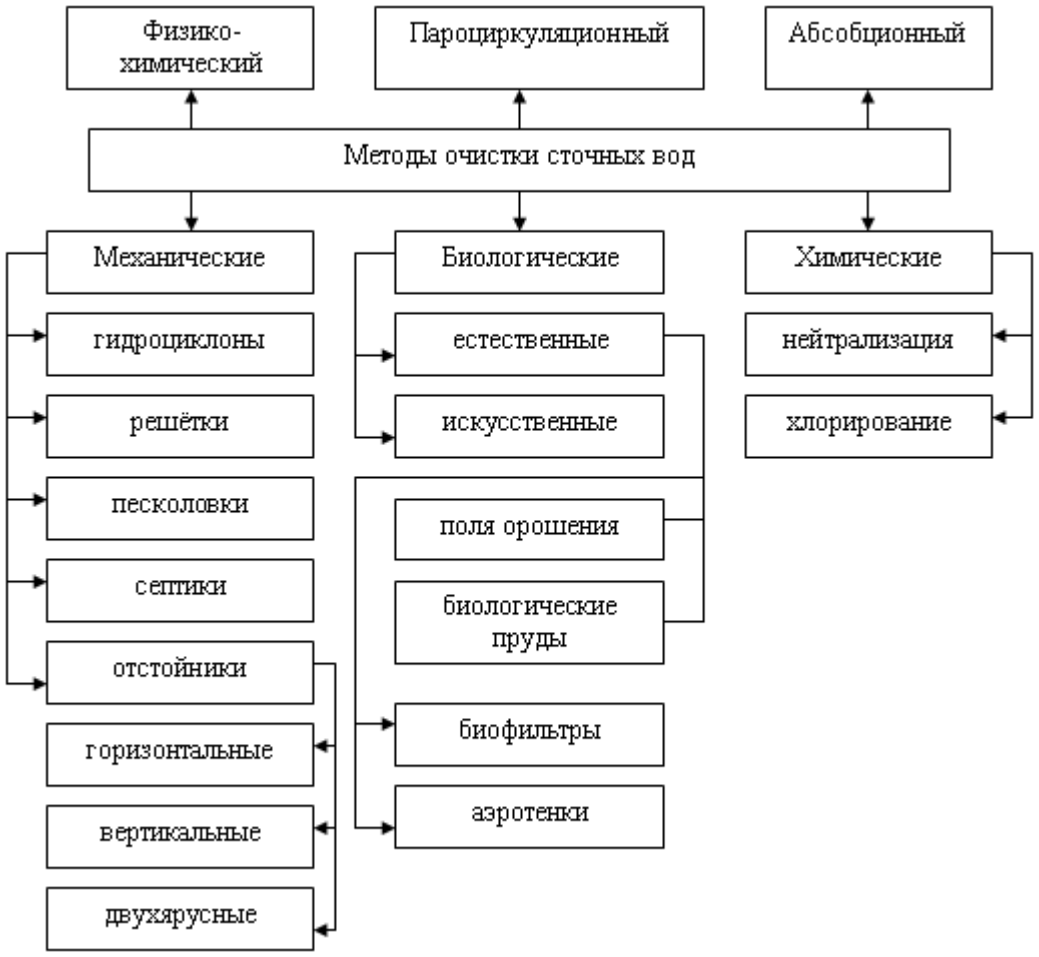


рис 2. Методы очистки сточных вод.

Самым распространённым методом химической очистки воды является нейтрализация. Сточные воды многих производств содержат серную, соляную и азотные кислоты. Нейтрализация проводится фильтрацией через магнезит, доломит, любые известняки. Она может осуществляться также смешиванием кислых стоков со щелочными.

Пароциркуляционный метод очистки применяют для очистки загрязнённых фенолами сточных вод, которые превращаются в пар, проходящий через раствор щёлочи.

Абсорбционный метод заключается в поглощении загрязняющих веществ в небольших количествах активированным углём с последующим удалением отгонкой паром.

Физико-химические методы основаны на применении органических растворителей для экстрагирования органических веществ.

При температуре сточных вод выше $+ 40\ °C$ предварительно перед спуском в канализацию охлаждают. Запрещено сбрасывать в канализацию воды, содержащие тетраэтилсвинец *(ТЭС)* [10].

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

7.1. Расчёт стоимости основных производственных фондов

Расчет стоимости основных фондов и их структуры

Таблица 7.1

Расчёт капитальных затрат(стоимость ОПФ)

Наименование групп основных фондов	Первоначальная стоимость, руб.	% к общей стоимости
Здания	824597	7,97
Сооружения	8972254	86,81
Машины и оборудование	538261	5,20
Итого:	10335112	100

Расчет:

$$\% \text{ здания} = C_{зд} \cdot 100\ \% / K \qquad (7.1)$$

где: $C_{зд}$ – стоимость здания;

K – капитальные затраты

$$\% \text{ здания} = 824597 \cdot 100 / 10335112 = 7,97\ \%$$

Расчет амортизационных отчислений

Таблица 7.2

Расчёт амортизационных отчислений

Наименование групп основных фондов	Первоначальная стоимость, руб.		Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.	
	Модернизация			Модернизация	
	до	после		до	после
Здания	824597	824597	1,2	9895,16	9895,16
Сооружения	8972254	8972254	9,0	807502,86	807502,86
Машины и оборудование	538261	1738261	9,0	48443,49	156443,49
Итого	10335112	11535112		865841,51	973841,51

Расчет:

$$А_{зд} = С_{зд} \cdot Н_а / 100\ \% \qquad (7.2)$$

где: $С_{зд}$ – стоимость здания

$Н_а$ – норма амортизации

$$А_{зд} = 824597 \cdot 1,2 / 100 = 9895,16, \text{ руб.}$$

Расчёт режима работы оборудования

Таблица 7.3

Режим работы оборудования

Показатели	Количество дней
Календарное время	365
Простой в ремонте	25
Эффективный фонд времени работы оборудования	340

Расчет:

$$T_э = T_{кал} – T_{рем} \quad (7.3)$$

где: $T_{кал}$ – календарное время

$T_{рем}$ – время простоя в ремонте

$$T_э = 365 – 25 = 340 \text{ дней}$$

Расчёт производственной программы

Таблица 7.4

Расчёт производственной программы

Наименование продукта	До и после модернизации					
	% выхода		Суточная производительность, тонн		Годовая производительность, тонн	
	до	после	до	после	до	после
Поступило: Дистиллят вязкий 4 погон	100	100	279,411	279,411	95000	95000
Итого	100	100	279,411	279,411	95000	95000
Получено:						
Рафинат	66	70	184,411	195,588	62700	66500
Экстракт	33	29	92,20	81,029	31350	27550
Потери	1	1	2,7	2,7	950	950
Итого	100	100	279,411	279,411	95000	95000

Расчет:

$$М_{год} = П_{сут} \cdot Т_э \quad (7.4)$$

где: $П_{сут}$ – суточная производительность

$Т_э$ – эффективный фонд времени

$$М_{год} = 279,411 \cdot 340 = 95000, \text{ тонн}$$

7.2. Расчёт численности и годового фонда заработной платы

Расчет среднегодового баланса рабочего времени одного рабочего

Таблица 7.5

Баланс рабочего времени

Показатели	Дни
Календарное время	365
Нерабочие дни	73
Максимальное число рабочих дней	292
Планируемые целодневные выходы: отпуск очередной и дополнительный Болезни Исполнение гос. обязанностей Отпуск по учёбе без отрыва от производства Итого невыходов	 42 5 0,5 1 48,5
Планируемое число дней работы 1-го среднесписочного рабочего	243,5
Планируемое число часов работы одного среднесписочного рабочего	1655,8

Расчет:

Определяем нерабочие дни:

$$T_{нер} = T_{кал}/\text{кол-во смен} \quad (7.5)$$

$$T_{нер} = 365/5 = 73 \text{ дн.}$$

Определяем максимальное число рабочих дней:

$$T_{max} = T_{кал} – T_{нераб} \quad (7.6)$$

где: T_{max} – максимальное число рабочих дней

$T_{кал}$ – календарное число дней

$T_{нераб}$ – нерабочие дни

$$T_{max} = 365 – 73 = 292 \text{ дн}$$

Определяем эффективное число дней работы 1-го рабочего

$$T_э = T_{max} – T_{невых} \quad (7.7)$$

где: $T_э$ – число дней одного рабочего

$T_{невых}$ – число дней невыходов

$$T_э = 292 – 48{,}5 = 243{,}5 \text{ дн}$$

Таблица 7.6

Расчёт численности основных рабочих

Наименование профессии	Разряд	Штатный норматив в смену	Число смен	Явочная численность в сутки, чел	Число бригад	Штатная численность	Списочная численность рабочих
Оператор технологической установки	6	1	3	3	5	5	6
Оператор технологической установки	5	1	3	3	5	5	6
Оператор технологической установки	4	1	3	3	5	5	6
итого:		3		9		15	18

Расчет:

$$ч_{сп} = ч_{шт} \cdot К_{спис}, \text{ чел} \quad (7.8)$$

где: $ч_{шт}$ – штатная численность работающих

$$ч_{шт} = ч_{яв\ см} \cdot n_{бриг} \quad (7.9)$$

где: $ч_{яв\ см}$ – явочная численность работающих в смену

$n_{бриг}$ – число бригад

$$ч_{яв} = ч_{яв\ см} \cdot S \quad (7.10)$$

где: S – число смен

$$ч_{яв} = 1 \cdot 3 = 3$$

$$К_{спис} = Т_{max} / Т_э \quad (7.11)$$

$$К_{спис} = 292 / 243,5 = 1,19$$

$$ч_{сп} = 5 \cdot 1,19 = 6 \text{ чел}$$

Расчёт годового фонда заработной платы

1. Определяем годовой фонд заработной платы по установке:

разряд	тарифная ставка
6	185,12
5	153,16
4	125,10

$$Т_{ст} = ч_{4р} \cdot Т_{ст4р} + ч_{5р} \cdot Т_{ст5р} + ч_{6р} \cdot Т_{ст6р} / ч_{сп} \quad (7.12)$$

где: $Т_{ст4р}$, $Т_{ст5р}$, $Т_{ст6р}$ – тарифная ставка 4, 5 и 6 разряда

$ч_{4р}$, $ч_{5р}$, $ч_{6р}$ – списочное число работающих 4, 5 и 6 разряда

$ч_{сп}$ – списочная численность работающих

$$Т_{ст} = 6 \cdot 185,12 + 6 \cdot 153,16 + 6 \cdot 125,10 / 18 = 154,46 \text{ р}$$

2. Расчёт премии:

$$Д_{прем} = Ф_т \cdot Р / 100\% \quad (7.13)$$

где: $Д_{прем}$ – сумма премии за выполнение установленных показателей согласно премиального положения

Р – процент премии согласно премиальному положению, %

$Ф_т$ – фонд затраты по тарифу

$$Ф_т = ч_{сп} \cdot Т_{ст} \cdot Т_{эф} \quad (7.14)$$

$$Ф_т = 18 \cdot 154,46 \cdot 1655,8 = 82864577,23 \text{ р}$$

$$Д_{прем} = 82864577,23 \cdot 30 / 100 = 24859373,17 \text{ р}$$

3. Расчёт доплаты за работу в ночную смену:

$$Д_н = Ф_т /3 \cdot 40 \% / 100 \% \quad (7.15)$$

где: 1/3 – доля ночного времени при непрерывной работе

40% - процент доплаты за работу в ночное время

$$Д_н = 82864577,23 /3 \cdot 40/100 = 11048610,30 \text{ р}$$

4. Расчёт доплаты за работу в праздничные дни:

$$Д_{празд} = ч_{яв\ в\ сут} \cdot Т_{ст} \cdot Д_{пр} \cdot Т_{см} \quad (7.16)$$

где: $Т_{см}$ – число часов в смене

$Д_{пр}$ – количество праздников

$$Д_{празд} = 9 \cdot 154{,}46 \cdot 11 \cdot 8 = 122332{,}32\ р$$

5. Расчёт основной фонд заработной платы:

$$Ф_{осн} = (Ф_{т} + Д_{прем} + Д_{н} + Д_{веч} + Д_{празд}) \cdot 1{,}15,\ р \quad (7.17)$$

где: 1,15 – районный коэффициент

$$Ф_{осн} = (82864577{,}23 + 24859373{,}17 + 11048610{,}30 + 122332{,}32) \cdot 1{,}15 = 136729126{,}97\ р$$

6. Расчёт дополнительной зарплаты:

$$Д_{зп} = Ф_{осн} \cdot Д / Т_{эф} \quad (7.18)$$

где: Д – число дней отпусков очередных и дополнительных, по учёбе без отрыва от производства

$$Д_{зп} = 136729126{,}97 \cdot 43{,}5 / 243{,}5 = 24425942{,}60\ р$$

7. Расчёт полного годового фонда заработной платы:

$$Ф_{полн} = Ф_{осн} + Д_{зп} \quad (7.19)$$

$$Ф_{полн} = 136729126,97 + 24425942,60 = 161155069,57 р$$

8. Расчёт отчислений на социальные нужды:

$$161155069,57 \cdot 30 / 100 = 48346520,87 р$$

Расчёт заработной платы инженерно-технических рабочих (ИТР)

Таблица 7.7

Расчёт годового фонда заработной платы ИТР

Наименование должностей	Количество штатных единиц	Месячный оклад	Основной фонд заработной платы, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Общий фонд заработной платы с учётом районного коэффициента, руб	Отчисления в фонд соц страха, руб
Начальник установки	1	23830	262130	33774,8	340290,52	127268,7
Механик установки	2	20760	228360	29423,62	296451,16	110872,73
Итого					636741,68	

Начальник установки:

1. Определяем основной фонд по окладу:

$$З_{окл} = О_{кл} \cdot 11 \text{ месяц, р} \qquad (7.22)$$

где: $О_{кл}$ – месячный оклад

$$З_{окл} = 23830 \cdot 11 = 262130, \text{ р}$$

2. Определяем дополнительный фонд заработной платы:

$$З_{доп} = З_{осн} / 11 \cdot 25,4 \cdot 36, р \quad (7.23)$$

$$З_{доп} = 262130/ 11 \cdot 25,4 \cdot 36 = 33774,8, р$$

3. Определяем общий фонд заработной платы:

$$З_{общ} = (З_{окл} + З_{доп}) \cdot 1,15, р \quad (7.24)$$

$$З_{общ} = (262130 + 33774,8) \cdot 1,15 = 340290,52, р$$

4. отчисления в фонд соцстрахования

$$340290,52 \cdot 30 / 100 = 102087,16 р$$

7.3. Расчёт себестоимости продукции

Таблица 7.8

Расчёт материальных затрат до модернизации

Статьи расходов	Ед. Изме-рения	Норма расхода, т	Количество сырья, т	Расход в год количе-ство, т	Цена за единицу, руб	Сумма в год, руб
Реагенты: Фенол	т	0,63	62700	39,5	30000,0	1185000,00
Итого:						1185000,00
Энергозатраты:						

Эл/энергия	Квт/ч	34,82	62700	2183214	2,71	3798792,36
Воздух КИП	$м^3$	0,0099	62700	620,73	0,75	248,29
Т/энергия Пар	Гкал	0,00017	62700	10,659	714,23	6733,5
Топливо жид.	т	0,04	95000	1125	7350	5452875,0
Топливо газ	т	0,03	95000	3031	5860	12527123,0
Итого:						21785772,15

Таблица 7.9

Расчёт материальных затрат после модернизации

Статьи расходов	Ед. Изме-рения	Норма расхода, т	Количество сырья, т	Расход в год количе-ство, т	Цена за единицу, руб	Сумма в год, руб
Реагенты:						
Фенол	т	0,55	66500	36,5	30000,0	1095000,00
Итого:						1095000,00
Энергозатраты:						
Эл/энергия	Квт/ч	31	66500	2061500	2,71	3587010,0
Воздух КИП	$м^3$	0,0093	66500	620,73	0,75	248,29
Т/энергия Пар	Гкал	0,00016	66500	10,64	714,23	6721,5
Топливо жид.	т	0,035	95000	1012	7350	4905164,0

Топливо газ	т	0,028	95000	2727	5860	11270691,0
Итого:						19769834,79

Таблица 7.10

Расшифровка затрат на калькулируемую продукцию до модернизации

Наименование статей расходов	Ед. измерения	Затраты на весь выпуск			На 1 тонну, руб
		Количество	Цена, руб	Сумма затрат, руб	
1. Сырьё за вычетом потерь	т	94050	5000,00	470250000,00	7500,00
2.Реагенты: Фенол	т	39,5	30000,00	1185000,00	18,90
Итого				471435000,00	7518,90
3. Энергозатраты: Т/энергия пар	Г/кал	10,659	714,23	6733,5	0,11
Электроэнергия	Квт/ч	2183214	2,71	3798792,36	60,59
Воздух КИП	$м^3$	620,73	0,75	248,29	0,004
Топливо жид.	т	1125	7350	5452875,0	86,97
Топливо газ	т	3031	5860	12527123,0	199,79
Итого				21785772,15	347,46
4. Заработная плата производственного персонала				161791811,25	2580,41

5. Отчисления на соцальное страхование				48448608,03	772,71
6. Амортизация затраты на ремонт				865841,51 1812492	13,80 28,90
7. Внутризаводские перекачки				327180	5,21
8. Цеховые расходы				3183752,34	50,77
9. Общезаводские расходы				4548217,64	72,53
10. прямые затраты в т. ч. материал				9703131,72 7443260,16	154,75 118,71
Итого				230681034,49	3795,79
11.производственная себестоимость всей продукции				723901806,6	11545,48
12. не калькулируемой продукци		31350	7500	235125000,0	3750,00
13.калькулируемой продукции		62700	7795,48	488776806,6	7795,48

Таблица 7.11

Расшифровка затрат на калькулируемую продукцию после модернизации

Наименование	Ед.	Затраты на весь выпуск	На 1

статей расходов	изме рения	Количество	Цена, руб	Сумма затрат, руб	тонну, руб
1. Сырьё за вычетом потерь	т	94050	5000,00	470250000,00	7071,43
10.Реагенты: Фенол	т	36,5	30000,00	1095000,00	16,47
Итого				471345000,00	7087,9
11.Энергозатраты: Т/энергия пар	Г/кал	10,66	714,23	6721,50	0,10
Электроэнергия	Квт/ч	2061500	2,71	3587010,0	53,94
Воздух КИП	$м^3$	620,73	0,75	248,29	0,004
Топливо жид.	т	1012	7350	4905164,0	73,76
Топливо газ	т	2727	5860	11270691,0	169,48
Итого				19769834,79	297,28
12.Заработная плата производственного персонала				161791811,25	2432,96
13.Отчисления на соцальное страхование				48448608,03	728,55
14.Амортизация затраты на ремонт				973841,51 1812492	14,64 27,25
15.Внутризаводские перекачки				327180	4,92

16.Цеховые расходы				3183752,34	47,87
17.Общезаводские расходы				4548217,64	68,39
10. Прямые затраты в т. ч. материал				9703131,72 7443260,16	145,91 111,92
Итого				230789034,49	3582,44
11.Производственная себестоимость всей продукции				721903869,3	10855,70
12. Не калькулируемой продукци		27550	7500	206625000,0	7500
13. Себестоимость калькулируемой продукции		66500	7748,55	515278869,30	7748,55

Таблица 7.12

Расчёт прибыли до модернизации

Наименование продукции	Количество тонн	Цена 1 т, руб	Стоимость товарной продукции, р	Себестоимость		Прибыль
				1 т	Всего выпуска	
Рафинат IV погон.	62700	9600,0	601920000	7795,48	488776806,6	113143193,40
Итого			601920000		488776806,60	113143193,40
Экстракт						

IV погон	31350	8600,0	269610000	7500	235125000	34485000
Итого			269610000		235125000	34485000
Всего			871530000		723901806,6	147628193,40

Таблица 7.13

Расчёт прибыли после модернизации

Наимено-вание продукции	Количество тонн	Цена 1 т, руб	Стоимость товарной продукции, р	Себестоимость		Прибыль
				1 т	Всего выпуска	
Рафинат IV погон.	66500	9600,00	638400000,00	7748,55	515278869,30	123121130,70
Итого			638400000,00		515278869,30	123121130,70
Экстракт IV погон	27550	8600,0	236930000,0	7500,0	206625000,0	30305000,0
Итого			236930000,0		206625000,0	30305000,0
Всего			875330000,0		721903869,3	153426130,70

7.4. Расчёт технико – экономических показателей

Таблица 7.14

Расчёт технико – экономических показателей

Наименование показателей	Единицы измерения	До модернизации	После модернизации
Производственная мощность по сырью	т	95000	95000
По готовой продукции	т	62700	66500
Товарная продукция	руб.	871530000	875330000,0
Стоимость ОПФ	руб.	10335112	11535112

Продолжение таблицы 7.14

Численность работающих	чел.	18	18
Фондоотдача	т/ руб.	0,0091	0,0082
Фондоемкость		84,33	75,88
Трудоемкость	т/ чел.	5277,77	5277,77
Производительность труда 1-го работающего	руб./ чел.	48418333,0	48629444,0
Себестоимость 1 т. продукции	руб.	7795,48	7748,55
Рафинат IV погон Прибыль	руб.	147628193,40	153426130,70
Рентабельность продаж	%	16,94	17,53
Рафинат IV погон Рентабельность производства	%	20,4	21,3
Общая производственная себестоимость	руб.	723901806,6	721903869,3

Расчет:

1.Определяем фондоотдачу:

$$Ф_о = Мгод / К, т/руб \quad (7.25)$$

где: К – стоимость ОПФ

Мгод- годовая производительность

1. Определяем фондоёмкость:

$$Фемк.= Т_{ов\ прод} /К \quad (7.26)$$

$$Ф_о = 95000 / 10335112= 0,0091 т/ руб$$

где: $Т_{ов\ прод}$– товарная продукция

$$Фемк. = 871530000 / 10335112 = 84,33$$

$$Фемк. = 875330000 / 11535112 = 75,88$$

3. Определяем трудоемкость:

$$Тр = Мгод / ч_{сп}, т/ чел \quad (7.27)$$

где: $ч_{сп}$ – списочная численность работающих

$$Тр = 95000 / 18 = 5277,77 т/ чел$$

4. Определяем производительность труда:

(7.28)

$$П_т = Т_{ов\ прод} / ч_{сп}$$

$$П_т = 871530000 / 18 = 48418333руб/ чел$$

$$П_т = 875330000 / 18 = 48629444руб/ чел$$

5. Определяем рентабельность продаж:
6.

$$R_{прод} = Прибыль / Товарная\ продукция \cdot 100\ \% \quad (7.29)$$

$$R_{прод} = 147628193,40/ 871530000 *100=16,94\%$$

$$R_{прод} = 153426130,70 / 875330000 *100=17,53\%$$

7. Определяем рентабельность производства, %:

(7.30)

$$R_{пр} = Приб / Себестоимость \cdot 100\ \%$$

$$R_{пр} = 147628193,40 / 723901806,6\cdot 100 = 20,4\ \%$$

$$R_{пр} = 153426130,70 / 721903869,3\cdot 100 = 21,3\%$$

Вывод

В экономической части проекта был произведен расчет до модернизации и после модернизации:

1. Капитальных затрат, и производственной программы и амортизационных отчислений.

2. Произведен поверочный расчет численности персонала и годового фонда заработной платы с определением среднегодового баланса рабочего времени 1 рабочего.

3. Проведен расчет технико-экономических показателей до модернизации и после модернизации себестоимость 1 тонны продукции.

По данным таблицы 7.1 стоимость ОПФ до модернизации составила 10335112 руб., после модернизации стоимость ОПФ увеличилась до 115351112 руб. за счет монтажа новых насадок. Таким образом это

привело к увеличению суммы амортизационных отчислений. Себестоимость единицы готовой продукции (рафинат) после модернизации составила 7748,55 руб. что ниже себестоимости единицы продукции до модернизации на 0,60%. Прибыль после модернизации увеличилась на 5797937,3руб. Рентабельность продаж после модернизации увеличилась с 16,94% до 17,53%. Рентабельность производства увеличилась после модернизации с 20,4% до 21,3%. Рентабельность производства означает, что с каждого затраченного рубля организация получит 0,213 руб. прибыли, что на 0,009 выше чем до модернизации оборудования.

Заключение

В технологической части дипломного проекта:

- были изучены теоретические основы процесса селективной очистки масел фенолом, характеристика качества сырья, материалов и готовой продукции, охрана труда и окружающей среды;

-составлена технологическая схема установки селективной очистки масел фенолом.

-в дипломном проекте предлагается заменить контактные устройства в экстракционной колонне К-8 на более эффективные «ИМПА Инжиниринг» пленочного типа;

-составлен материальный баланс до и после реконструкции. На производительности 95 тыс. тонн/год выход рафината составил с 62,7 тыс. тонн/год, а после модернизации 66,5 тыс. тонн/год;

-составлены материальный и тепловой балансы колонны экстракции К-8 с ее конструктивных размеров d =2,9 м, Н=22,5м;

-рассчитана поверхность теплообмена у аппарата предназначенного для охлаждения паров фенола водой, которая составила 70 $м^2$ что не превышает паспортных данных;

-в экономической части дипломного проекта рассчитана себестоимость продукта, которая составила до реконструкции 7795,48 руб., после реконструкции 7748,55 руб.

Список используемой литературы

1. Блохинов В.Ф. и др. Нефтепереработка и нефтехимия. 2000. – 50с.
2. Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической промышленности. – М., Химия, 1991
3. Зиганшин Г.К., Шуверов В.М. и др. Опыт использования регулярных насадок в экстракционных процессах очистки нефтяных фракций//Сб. науч. тр. Уфимского нефт. ин-та «Физико-математические проблемы и моделирование нефтепромысловых и нефтехимических процессов »- Уфа 1992г.
4. Зиганшин Г.К., Осинцев А.А. и др. Высокоэффективные контактные устройства для реализации массообменных прцессов.
5. Журнал «нефтепереработка и нефтехимия», 1996-2000гг.
6. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии - Л., Химия, 1991
7. Касаткин А.Г., Основные процессы и аппараты химической технологии – М., Альянс, 2006
8. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей прормышленности. – Л., Химия, 1974
9. Ластовкин Г.А., Радченко Е.Д., Рудин М.Г. Справочник нефтепереработчика. - Л.,Химия, 1986
10. Маслов Н. Н., Коробов Ю. Н. Охрана окружающей среды на нефтеперерабатывающих предприятиях. – М.: Химия, 1997. - 238 с.
11. Осинцев А.А., Зиганшин К.Г., Теплов В.М., Поняев Л.А. Янбаев С.П., Мыльцын А.В. и др. Повышение эффективности масляных производств за счёт совершенствования экстракционных процессов // Мир нефте-продуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2009. – № 3. – С. 34 – 36.
12. Малышев Ю.М. Экономика, организация и планирование производства на предприятиях (объединениях) нефтеперерабатывающей промышленности. -М.:Химия, 1990. - 368 с.

13. Паспорт колонны К-8 установки селективной очистки масел фенолом 37/1-4
14. Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. – М., Альфа-М, 2006
15. Рудин М.Г. Карманный справочник нефтепереработчика. - Л., Химия, 1989
16. Скутин Е.Д. Системы управления химико-технологическими процессами получения органических веществ: Конспект лекций. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2004.
17. Судаков Е.Н., Кагерманов С.М., Кузнецов А.А. Расчёты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. - Л., Химия, 1974
18. Технологический регламент установки селективной очистки масел фенолом 37/1-4
19. Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. Химия и технология нефти и газа. - Л., Химия, 1985