

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного образования
Направление подготовки: Химическая технология органических веществ
Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

Дипломный проект

Тема работы
Проект установки получения алкилсульфонатов натрия

УДК 661.185.223.512-047.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5601	Бокова Е.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.х.н., доцент	Волгина Т.Н.	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антоневич О.А.	к.б.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой	Юсубов М.С.	д.х.н., профессор		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт электронного образования
Направление подготовки: Химическая технология органических веществ
Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

_____ (Подпись)

_____ (Дата)

Юсубов М. С.
(Ф.И.О)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
3-5601	Бокова Екатерина Викторовна

Тема работы:

Проект установки получения алкилсульфонатов натрия	
Утвержден приказом проректора-директора ИнЭО	Качин С.И. 28.01.2016, № 410/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	.
--	---

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является установка производства 70%-й алкилсульфоната натрия, годовая производительность составляет 48000 кг в год, режим работы непрерывный, сырьем является смесь диоксида серы с кислородом, н –парафины.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Проведение литературного обзора для выяснения основных способов получения алкилсульфонатов натрия в современных условиях, оценка их достоинств и недостатков, проектирование узла сульфоокисления парафинов смесью диоксида серы с кислородом, подбор оптимальных условий для проведения процесса сульфоокисления под действием ультрафиолетовых лучей.
Перечень графического материала	1. Технологическая схема 2. Общий вид реактора 3. Сборочный чертеж 4. Компоновка оборудования

	5. Техничко-экономические показатели
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
1. Обзор литературы 2. Объекты и методы исследования 3. Расчеты и аналитика 4. Результаты проведенного исследования	Волгина Татьяна Николаевна
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
6. Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.01.2016
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Волгина Татьяна Николаевна	кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5601	Бокова Екатерина Викторовна		

Реферат

Выпускная дипломная работа состоит из 109 страниц, 8 рисунков, 55 таблиц, 23 источника литературы, 1 приложение, 5 листов графического материала.

Ключевые слова: алкилсульфонаты натрия, ПАВ, сульфоокисление, реактор сульфоокисления, н-парафины, диоксид серы, кислород, бензол, ультрафиолетовые лампы.

Объектом проектирования является: установка получения алкилсульфонатов натрия, сульфоокислением н-парафинов диоксидом серы и кислорода под действием ультрафиолетовых световых ртутных ламп.

Целью работы является разработка проекта для создания установки производства алкилсульфонатов натрия.

При выполнении ВКР был изучен процесс сульфоокисления н-парафинов диоксидом серы и кислорода под действием ультрафиолетовых световых ртутных ламп и рассмотрены вопросы эффективности и безопасности производства. В результате исследования разработано основное и вспомогательное оборудование, оценена экономическая эффективность установки и определены факторы рабочего места аппаратчика.

Основные конструктивные и технологические решения – это технологическая схема, реактор сульфоокисления.

Область применения: внедрение установки на предприятие ТОО «Собек-сервис», где алкилсульфонаты натрия используются в производстве синтетические моющие средства.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ПАВ – поверхностно-активные вещества;

ИПС – изопропиловый спирт;

ЧС – чрезвычайные ситуации;

к.п.д. – коэффициент полезного действия;

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

ПДУ – портативные дыхательные устройства

В настоящей работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. Выпускник университета - бакалавр. Общие требования к организации процесса обучения. СТП ТПУ 2.3.01-00.
2. ТУ 6-01-5763450-102-90. Алкилсульфонат. Технические условия.
3. ГОСТ 2918-79. Диоксид серы SO₂ (двуокись серы, сернистый ангидрид, сернистый газ. Технические условия.
4. ГОСТ 23683-89. Парафины. Технические условия.
5. ГОСТ 2263-79 - Натр едкий. Технические условия.
6. СН 1.2.2.4.1.8.562-96. Допустимые уровни шума на рабочих местах.
7. СП 4156-86. Санитарные правила для нефтяной промышленности.
8. ГОСТ 12.1.012-90 Разрешенные значения вибрации .
9. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
10. СанПиН 2.2.2.542-96. Санитарные правила и нормы
11. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
12. ГОСТ 12.1.005-88. Допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.
13. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Метеорологические условия для рабочей зоны производственных помещений регламентируются
14. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности

средств индивидуальной защиты» (ТР ТС 019/2011), принятый решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 878 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты», вступает в силу с 1 июня 2012 г.

Введение.....	16
1. Теоретическая часть.....	18
1.1. Общая характеристика производства, его технико-экономический уровень и обоснование основных технических решений.....	18
1.2. Характеристика производимой продукции. Характеристика исходного сырья, материалов и полупродуктов.....	21
1.3. Физико-химические основы технологического производства.....	25
1.4. Выбор и обоснование технологической схемы производства.....	27
1.5. Описание технологического процесса.....	29
1.6. Размещение технологического оборудования.....	32
2. Инженерные расчеты.....	34
2.1. Материальный баланс	34
2.2. Тепловой баланс.....	40
2.3. Технологический расчет основного аппарата.....	46
2.3. 1. Механический расчет основного аппарата.....	48
2.4. Подбор вспомогательного оборудования.....	54
2.5. Ежегодные нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов.....	61
2.6. Контроль производства и управления технологического процесса.....	63
3. Финансовый менеджмент.....	66
3.1. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству.....	67
3.1.1. Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала.....	67
3.2. Расчет затрат на производство продукции.....	69
3.2.1. Расчет годовой потребности в сырье и материалах.....	69
3.3. Определение цены готовой продукции.....	73
3.4. Анализ безубыточности в проектном году.....	73
3.5. Определение потребности в инвестициях в проектном году.....	74
3.6. Расчет экономической эффективности инвестиционных показателей в случае внедрения инновационного проекта.....	75

3.6.1. Чистая текущая стоимость (NPV)	76
3.6.2. Индекс доходности инвестиций (PI)	76
3.6.3. Внутренняя ставка доходности (IRR)	77
3.6.4. Срок окупаемости инвестиций.....	79
3.7. Определение технико-экономических показателей.....	79
4. Социальная ответственность.....	80
4.1. Производственная безопасность.....	81
4.1.1 Химические факторы.....	82
4.1.1.1. Рекомендуемые средства защиты.....	84
4.1.2. Физические вредные факторы.....	85
4.1.2.1. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.....	86
4.1.2.2. Допустимые шумовые характеристики. Гигиенические допустимые уровни вибрации.....	87
4.1.2.3. Параметры освещения.....	88
4.1.3. Физические опасные факторы.....	91
4.1.4 Защита от факторов механического воздействия.....	93
4.2. Экологическая безопасность.....	95
4.2.1. Защита атмосферы.....	96
4.2.2. Защита гидросферы.....	97
4.2.3. Защита литосферы.....	98
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	99
4.3.1 Анализ чрезвычайных ситуации (ЧС)	99
4.3.2. Обоснование мероприятий о предотвращения ЧС и разработку порядка действия в случае возникновения ЧС.....	100
4.4. Правовые и организационные вопросы безопасности.....	101
4.4.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	101
4.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	102
Заключение.....	104
Список использованных источников.....	105

Приложение А. Спецификация к основному аппарату и его узлам.....	108
--	-----

Введение

Алкилсульфонаты представляют собой натровые соли сульфокислот жирного ряда, содержащие в цепи 12 – 20 углеводородных атомов.

В настоящее время в мире огромный спрос имеет алкилсульфонаты натрия, которые получили всеобщее признание в качестве компонента синтетических моющих средств и в значительных количествах вырабатывается в Китае, России, США, Англии, Италии и других странах. По мнению специалистов, алкилсульфонаты натрия по сравнению с другими анионноактивными поверхностно-активными веществами имеют следующие преимущества: более высокая моющая способность, лучшая способность удержания загрязнения.

Алкилсульфонаты натрия успешно используются для стирки шелка, шерсти, синтетических тканей, так же используется в производстве моющих средств для авто и бытового клининга. Позволяют до минимума сократить время механического воздействия при относительно низких температурах моющего раствора.

Существует два способа получения алкилсульфонатов непосредственно из насыщенных углеводородов – путем их сульфохлорирования и сульфоокисления.

Наиболее распространенным в промышленности методом получения алкилсульфонатов по реакции сульфоокисления является водно-световой метод, когда реакционная масса непрерывно облучается ультрафиолетовым светом.

Побочными продуктами процесса сульфоокисления являются непрореагировавшие парафины углеводородов. Для уменьшения их выхода процесс ведут при температуре 20–30°C и невысоких степенях превращения углеводородов.

Преимуществом данного метода является минимальное количество побочных продуктов. В процессе сульфоокисления получается перекисное

соединение, которое может служить превосходным инициатором. Так же преимуществом является легко доступное сырье и технико-экономически выгодное производство. Готовый продукт представляет собой 70 % водную пасту.

Так как алкилсульфонат натрия является водным раствором, транспортировки на большие расстояния экономически не целесообразны. По этой причине на производстве синтетических моющих средств рекомендуют размещать собственные установки по синтезу ПАВ малой мощностью.

Целью работы является разработать проект установки получения 70 % алкилсульфонатов натрия сульфокислением парафинов производительностью 48 тонн в год.

1. Теоретическая часть

1.1. Общая характеристика производства, его технико-экономический уровень и обоснование основных технических решений

Основным сырьем производства синтетических моющих средств является алкилсульфонат натрия. Масштабы потребления в очень сильной степени зависят от уровня технико-экономических показателей их производства. Снижение производственных затрат бесспорно приведут к дальнейшему расширению круга потребителей и увеличению масштабов использования. В этой связи важнейшее значение приобретает выбор метода и сырья для производства алкилсульфонатов.

Выбор метода зависит от двух основных факторов: от уровня технико-экономических показателей и от качественной характеристики получаемых продуктов.

В промышленности используют два способа получения алкилсульфонатов непосредственно из насыщенных углеводородов – путем их сульфохлорирования и сульфоокисления.

Реакция сульфохлорирования протекает в результате свободнорадикального процесса, проходящего при одновременном действии на *n*-парафины диоксида серы и хлора. Основными побочными продуктами при сульфохлорировании являются ди- и полисульфохлориды

Для снижения выхода продуктов реакции хлорирования и десульфирования процесс проводят при низкой температуре (как правило, не выше 20 – 30 °С) при соотношении диоксида серы и хлора, равном 1,1:1,0 соответственно. Для уменьшения содержания продуктов полисульфохлорирования снижает глубину сульфохлорирования .

Существенным недостатком производства алкилсульфонатов методом сульфохлорирования является применение хлора, который безвозвратно теряется на стадии омыления. Происходит большой расход хлора и образование побочного продукта – хлороводород. Кроме, того в готовых

алкилсульфонатах присутствует значительное количество хлорида натрия, ухудшающего некоторые качественные показатели алкилсульфонатов. Поэтому в настоящее время получение алкилсульфонатов сульфокислением является наиболее перспективным способом.

Интерес к этому способу повысился в связи с проблемой получения биологически разлагаемых ПАВ, доступностью сырья, простотой получения и минимальное наличие побочных продуктов. Для сульфокисления применяют то же углеводородное сырье, что и при сульфохлорировании, которое должно быть тщательно очищено от алкенов, ароматических углеводородов и серы, поскольку эти соединения подавляют сульфокисление парафиновых углеводородов.

Процесс сульфокисления заключается в непрерывном сульфокислении больших количеств парафиновых углеводородов. Углеводороды обрабатывают в реакторе смесью двуокиси серы и кислорода, источником облучения служит ртутная лампа, заключенная в светильник из кварцевого или увиолевого света, погруженный в реакционную жидкость. Вследствие плохой растворимости в углеводороде обоих газов очень важно, чтобы поверхность их соприкосновения с жидкостью была как можно больше. Наилучшие выходы получаются тогда, когда поднимающиеся в жидкости пузырьки газа проходят как можно ближе от стенки светильника, фактически омывая ее. При помощи выносного холодильника температура в аппарате поддерживается около 20–30 °С.

Побочными продуктами процесса сульфокисления являются непрореагировавшие n-парафины углеводородов. Для уменьшения их выхода процесс ведут при температуре 20–30 °С и невысоких степенях превращения углеводородов. Основным источником сырья являются парафины, которые получают из масляных дистиллятов. Данные парафины состоят из углеводородов нормального строения 90–95 %, ароматических соединений 4% и серы 0,15 %. По сравнению с твердыми парафинами жидкие парафины

характеризуются самой низкой себестоимостью, величина которой составляет 43–53 % от себестоимости твердых парафинов.

Как и в реакции сульфохлорирования, в ходе реакции сульфоокисления при любом способе инициирования образуются преимущественно вторичные алкильные радикалы, что в конечном итоге приводит к получению вторичных алкилсульфонатов.

В результате производства образуется смесь непрореагировавших газов, которая в дальнейшем обезвреживается такими методами как нейтрализация и каталитическое окисление диоксида серы, пиролиз.

Огромным преимуществом является легко доступное сырье и технико-экономически выгодное производство. Этот метод был разработан с целью снижения расхода сернистого ангидрида. Процесс облучение проводится непрерывно в течение всего процесса сульфоокисления, что является следствием высокого выхода целевых продуктов в расчете на израсходованное сырье. Процесс инициируется ультрафиолетовым светом, в дальнейшем протекает самопроизвольно. Существенным недостатком водно-светового метода сульфоокисления является большой расход энергии.

Производство алкилсульфонат натрия планируют размещать в закрытом помещении, спроектированном по техники безопасности технологического процесса. Предприятие оснащается устройствами автоматического контроля и сигнализации.

Размещение производственного оборудования должно обеспечивать безопасность, удобство обслуживания и ремонта, соответствовать требованиям последовательности технологического процесса и утвержденным нормам технологического проектирования.

Компоновка оборудования должна обеспечить кратчайшую протяженность продуктопроводов.

1.2. Характеристика производимой продукции. Характеристика исходного сырья, материалов и полупродуктов

Алкилсульфонаты натрия – соли алкилсульфоновых кислот RSO_3Na , где R – алкильный радикал. Они относятся к классу анионоактивных ПАВ.

Существуют алкилсульфонаты:

- первичные $\text{R-SO}_3\text{-Na}$ SO_3Na
- вторичные $\text{R}_1\text{-}\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{-R}_2$,

где R, R₁, R₂ – углеводородные прямоцепочные радикалы, содержащие от 12 до 20 углеводородных атомов.

Имеют амфифильные свойства, то есть содержат в структуре как полярные, так и неполярные группы. Отлично растворяется в воде.

Таблица 1 – Характеристика алкилсульфоната натрия. ТУ 6-01-5763450-102-90.

Хим. формула	RSO_3Na
Активного вещества	70 + 2,0 %
Сульфат натрия	< 4 %
pH (2 % раствор)	7 – 9
Плотность при 20°C, г/см ³	1,10
Точка застывания, °C	около 7
Вязкость при 30°C, мПа	8000
Внешний вид при 25°C	Бесцветная или желтоватая прозрачная вязкая жидкость
Запах	Характерный запах

Алкилсульфонаты натрия получают сульфокислением n-парафинов, представляющие собой смеси изомерных алкилсульфонатов, в которых сульфонатная группа SO_3Na занимает разные положения в углеродной цепи.

Первичные алкилсульфонаты и вторичные с сульфогруппой, расположенной ближе к концу цепи, обладают хорошими моющими свойствами, а сульфонаты с сульфогруппой в середине цепи имеют лучшие смачивающие свойства и большую растворимость в воде. Несмотря на хорошие моющие свойства и хорошую биоразлагаемость, эти соединения находили ограниченное применение в порошкообразных синтетических моющих

композициях из-за высокой гигроскопичности, но в связи с ростом производства жидких синтетических моющих композиций они приобретают все больше значение. Наименее гигроскопичны алкилсульфонаты с SO_3Na -группой на конце цепи и поэтому их получение представляют наибольший практический интерес [1]. Алкилсульфонаты представляют большой интерес с точки зрения экологических, дерматологических и токсикологических свойств. Продукты этого класса ПАВ находят широкое применение в качестве моющих средств [1].

Исходное сырье не должно содержать непредельных ароматических углеводородов, а также сернистых соединений, поэтому его предварительно подвергают гидроочистке от ароматических и нафтеновых соединений. Для получения алкилсульфонатов используются жидкие парафины, выделяемые из дизельного топлива при карбамидной депарафинизации.

Сырьем для производства алкилсульфонатов служат *n*-парафины с числом углеродных атомов $\text{C}_{12} - \text{C}_{20}$. Парафины представляют собой смесь предельных углеводородов, как правило, с неразветвленной углеродной цепочкой. В парафинах также могут содержаться в небольшом количестве разветвленные алканы, арены или нафтены [2].

С увеличением молекулярной массой и длиной главной углеродной цепи, температура плавления и кипения увеличивается.

При нормальных условиях парафины с C_1H_4 до $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ являются газами, с $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ до $\text{C}_{28}\text{H}_{58}$ являются жидкостями, начиная с $\text{C}_{29}\text{H}_{60}$ и далее – твердые вещества.

Таблица 2 – Характеристика *n*-парафинов. ГОСТ 23683-89

Хим. формула	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
Температура кипения, °С	240 – 360
Температура плавления, °С	34
Плотность, г/см ³	0,748 – 0,782
Показатель преломления	1,422 – 1,443

Парафины инертны к большинству химическим соединениям. Высокомолекулярные парафиновые углеводороды требуют во время реакции

сульфоокисления непрерывного воздействия различных инициаторов, таких как пероксид водорода, уксусная кислота, уксусный ангидрид, озон, ультрафиолетовые лучи. В результате образуются радикалы, которые соединяются с двуокисью серы [3].

Диоксид серы - это соединение серы с кислородом состава SO_2 .

Таблица 3 – Характеристика оксида серы. ГОСТ 2918-79

Систематическое наименование	Оксид серы(IV)
Хим. формула	SO_2
Состояние	бесцветный газ
Молярная масса, г/моль	64,054
Плотность, г/см ³	0,002927
Температура кипения, °С	– 10,01
Температура плавления, °С	– 75,5
Плотность, г/см ³	0,748 – 0,782

При нормальных условиях является бесцветным газом с характерным резким запахом. Под давлением сжижается при комнатной температуре. Он растворим в воде с образованием неустойчивой сернистой кислоты, так же растворим в различных спиртах.

Вода представляет собой бинарное неорганическое соединение. Молекула воды имеет ковалентную связь. Является прозрачной жидкостью, которая не пахнет и безвкусна. Вода обладает гидрофильными свойствами, является отличным растворителем.

Таблица 4 – Характеристика вода

Систематическое наименование	Вода
Хим. формула	H_2O
Внешний вид при 25°С	прозрачная жидкость
Молярная масса, г/моль	18,015
Плотность, г/см ³	0,9982
Температура кипения, °С	0
Температура плавления, °С	99,974

Кислород, является химически активным неметаллом, представляет самый лёгкий элемент из группы халькогенов. При нормальных условиях кислород является газом без цвета, вкуса и запаха.

Таблица 5 – Характеристика кислорода

Систематическое наименование	Кислород
Хим. формула	O ₂
Внешний вид при 25°C	прозрачный газ
Молярная масса, г/моль	32
Плотность, г/см ³	1,141
Температура кипения, °C	– 182,96
Температура плавления, °C	– 218,35
Молярный объем, см ³ /моль	14,0

Сильная прочность химической связи между атомами в молекуле O₂ ведет к тому, что при комнатной температуре газообразный кислород становится химически малоактивным. При малейшем нагревании кислород становится химически активным. При 20 °C газ растворим в воде, спиртах и кетонах.

Каустическая сода имеет второе название едкий натр – самая распространенная в мире щелочь. Сильно гигроскопичен, на воздухе «расплывается», активно поглощая пары воды из воздуха.

Таблица 6 – Характеристика гидроксида натрия. ГОСТ 2263

Систематическое наименование	Гидроксид натрия
Хим. формула	NaOH
Внешний вид	белое твердое вещество
Молярная масса, г/моль 39,99	39,99
Плотность, г/см ³	2,0 – 2,13
Температура кипения, °C	1403
Температура плавления, °C	323

Легко растворяется в воде с выделением тепла, а во влажном воздухе расплывается [4].

Изопропиловый спирт имеет тривиальные названия такие как пропанол-2, изопропанол, диметилкарбинол, ИПС — простейший вторичный одноатомный спирт алифатического ряда.

Изопропиловый спирт является прозрачной и бесцветной жидкостью с фруктовым запахом и мягким горьким вкусом.

Таблица 7 – Характеристика изопропилового спирта

Систематическое наименование	Пропан-2-ол
Сокращения	Изопропанол
Традиционные названия	Изопропиловый спирт
Хим. формула	C ₃ H ₇ OH
Внешний вид	жидкость
Молярная масса, г/моль	60,09
Плотность, г/см ³	0,7851
Температура кипения, °С	82,4
Температура плавления, °С	– 89,5

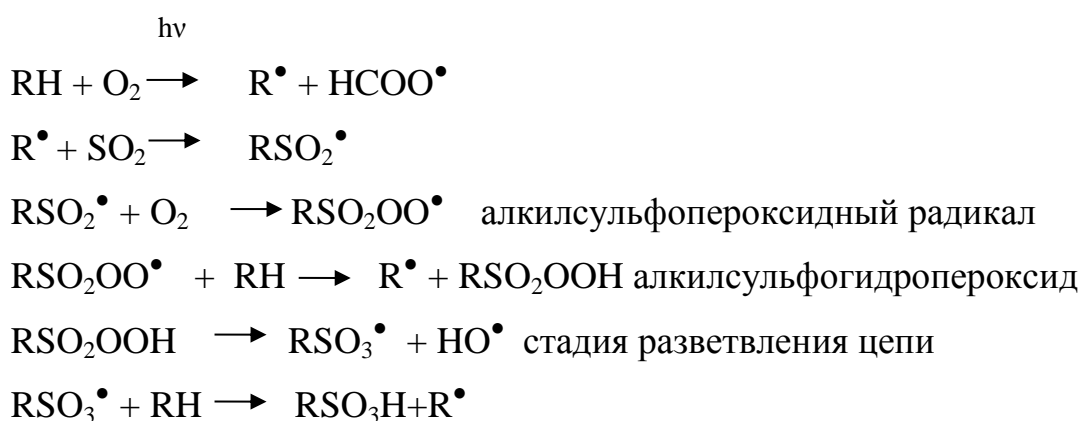
1.3. Физико-химические основы технологического производства

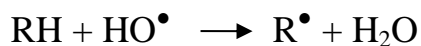
В 1940 году Платцем и Шиммель-Шмидтом была открыта реакция сульфоокисления, протекающая при одновременном действии на углеводороды диоксида серы и кислорода. Получение алкилсульфонатов по этой реакции можно представить следующей схемой:



Для сульфоокисления применяют то же углеводородное сырье, которое должно быть тщательно очищено от алкенов, ароматических углеводородов и серы, поскольку эти соединения подавляют сульфоокисление парафиновых углеводородов.

Реакция сульфоокисления является необратимой и сильно экзотермичной протекает по радикально-цепному механизму и инициируется ультрафиолетовым светом:



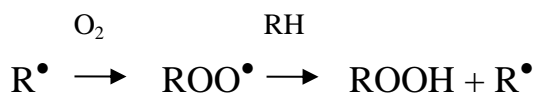


Перекисные соединения могут инициировать реакцию и поддерживать ее протекание. Поскольку при самой реакции возникает перекисное соединение, которое вследствие своей нестойкости может распадаться на радикалы, сульфокисление в данных условиях протекает автокаталитически. Как и при других цепных реакциях, эти радикалы могут исчезать в результате рекомбинации или реакции со стенкой, что влечет за собой обрыв цепи. Проведение процесса сульфокисления в присутствии воды подавляет стадию разветвления цепи за счет реакции безрадикального разложения алкилсульфогидропероксидов по схеме:



В этом случае процесс перестает быть автокаталитическим и легче поддается управлению, т.е. становится более технологичным, несмотря на необходимость в поддержании стадии зарождения цепи, например непрерывным облучением, в течение всего процесса.

Побочным продуктом процесса сульфокисления являются продукты непрореагировавшие парафины углеводородов. Для уменьшения их выхода процесс ведут при температуре 20-30 °С, атмосферном давлении и невысоких степенях превращения углеводородов. Для подавления процесса окисления углеводородного сырья по схеме:



Применяют избыток диксида серы. Кроме того побочным продуктом процесса сульфокисления является серная кислота, образующаяся при разложении алкилсульфогидропероксидов в присутствии воды. Присутствие серной кислоты не сказывается на скорости процесса сульфокисления и не снижает выход серной кислоты, который практически независимо от условий ведения реакции сульфокисления составляет около 15 % от количества образующихся сульфокислот [5]. В ходе реакции сульфокисления при любом способе инициирования образуются преимущественно вторичные алкильные

радикалы (R^\bullet), что в конечном итоге приводит к получению вторичных алкилсульфонатов [6].

1.4. Выбор и обоснование технологической схемы производства

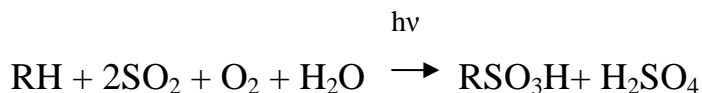
Производство алкилсульфонатов методом сульфоокисления *n*-парафинов фракции C_{12} - C_{20} , является самым эффективным.

Данный технологический процесс включает следующие стадии:

- подготовка сырья и полуфабрикатов;
- сульфоокисление *n*-парафинов диоксидом серы и кислородом;
- отдувка сульфокислот;
- абсорбция непрореагировавших газов;
- нейтрализация сульфокислот;
- отделение непрореагировавших углеводородов под давлением;
- очистка алкилсульфонатов от сульфата натрия изопропанолом;
- упарка водно-спиртового раствора сульфоната;
- регенерация изопропанола;
- локальная очистка газообразных выбросов.

Водно-световой процесс сульфоокисления парафинов производят диоксидом серы и кислородом в реакторе непрерывного действия под действием ультрафиолетовых световых ртутных ламп.

Процесс сульфоокисления парафинов протекает по цепному механизму:



Так как при этом взаимодействии не образуются свободных радикалов, которые могли бы продолжить цепь, то для непрерывного ведения процесса необходимо освещать реакционную массу.

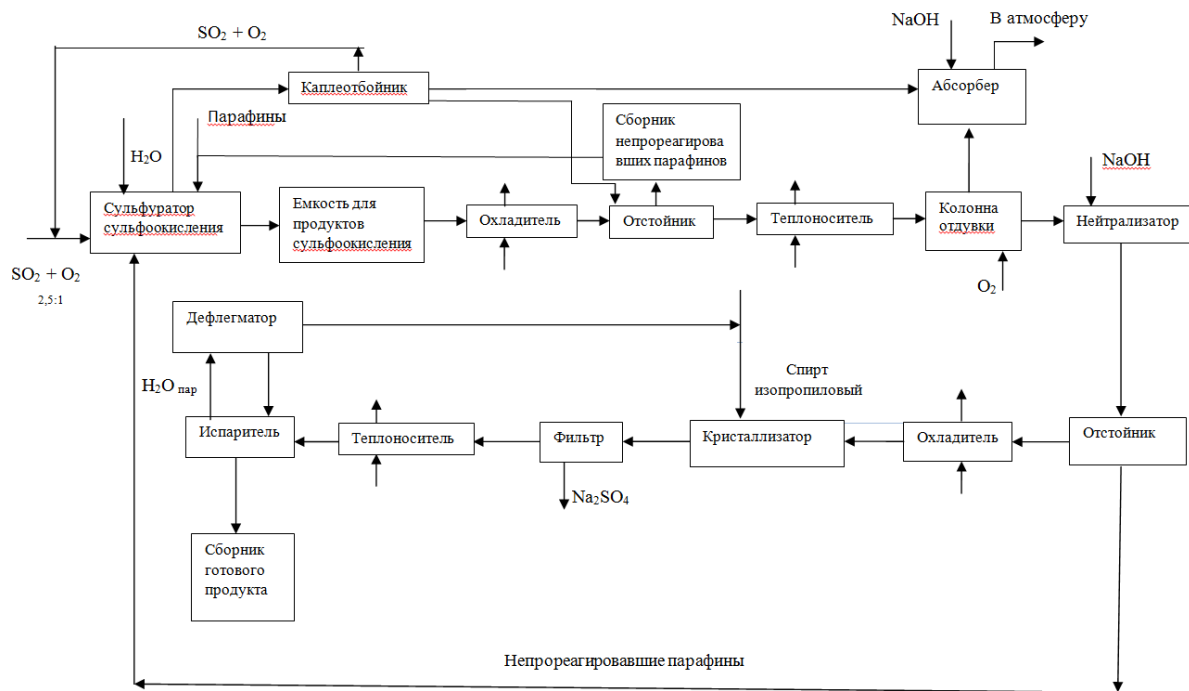


Рисунок 1. Операционная блок-схема

Образовавшиеся сульфокислоты постоянно выводятся из зоны реакции, экстрагируются водой. Воду в виде бидистиллятов подают самотеком в реактор.

Нейтрализованная смесь отстоявшись при температуре 160 °С и давлении 6 атм., а затем удаляется слой непрореагировавших углеводородов. Для отделение алкилсульфонатов от сульфата натрия, смешивают водный раствор алкилсульфонатов с изопропанолом и охлаждают до температуры 5 – 10 °С, при этом сульфат натрия превращается в кристаллы и выпадает из раствора. Далее водно-спиртовой раствор алкилсульфанатов подвергается фильтрованию, упариванию и перегонки.

1.5. Описание технологического процесса

На рисунке 2 представлена технологическая схема производства алкилсульфонатов натрия методом сульфоокисления н-парафинов. Исходные жидкие н-парафины фракции 20 – 30 °С подают на фотохимическое сульфоокисление в реактор 1, который представляет собой колонну со встроенными ртутными лампами, с кислотостойкой футеровкой, отношение высоты к диаметру колонны составляет 7:1.

Бидистиллят и н-парафины постоянно подаются сверху колонны, смесь диоксида серы и кислорода берется в объемном соотношении 2,5:1-снизу. Поднимающиеся вверх по колонне потоки SO₂ и O₂ встречаются с потоком н-парафинов при температуре 20 – 30 °С, давлении 6 атм. и под воздействием ультрафиолетового излучения происходит взаимодействие компонентов реакции. В системе постоянно циркулирует газо-жидкостная смесь, по причине того что конверсия парафинов за один проход невелика. Продукт, выделяемый из реактора, на 70 % состоит из алкилсульфонатов натрия и 30 % водной фазы.

Реакционную смесь из колонны направляют в емкость для продуктов сульфоокисления 2, откуда насосом подают в холодильник 4. Затем реакционную массу охлаждают до 20 – 30 °С, смесь непрореагировавших парафинов вновь возвращают на сульфоокисление.

Газовоздушная смесь из верхней части колонны 1 поступает в каплеотбойник 9, откуда часть газов отводят в абсорбер 10, где они очищаются раствором щелочи и выбрасываются в атмосферу. Вторую часть газовой смеси из каплеотбойника возвращают в колонну 1.

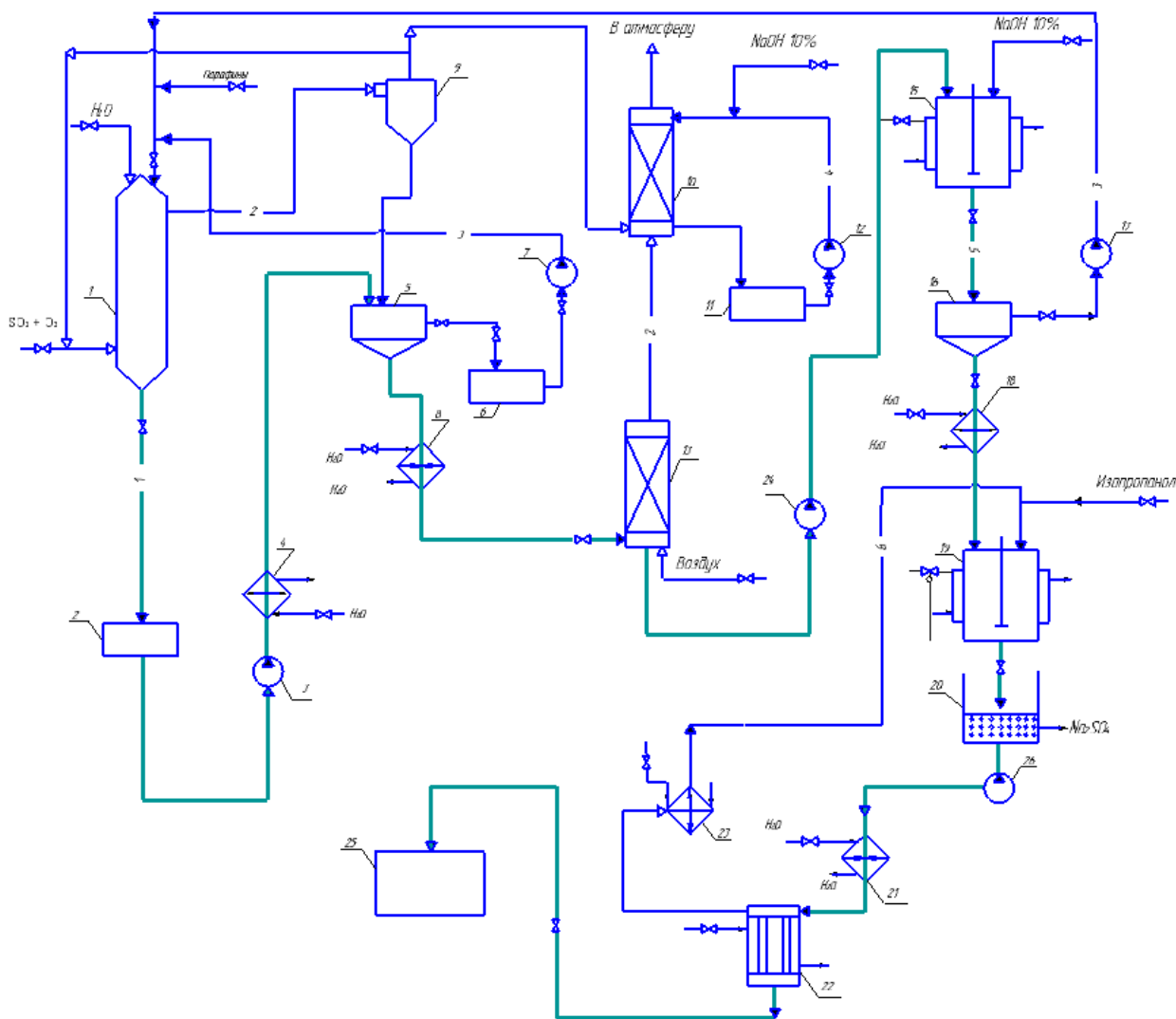


Рисунок 2. Технологическая схема получения алкилсульфонатов методом сульфоокисления парафинов

1 – Сульфуратор фотохимического сульфоокисления; 2 – Емкость для продуктов сульфоокисления; 3,7,12,17,24,26 – Насосы; 4,8,18,21 – Теплообменники; 5,16 – Отстойники; 6 – Сборник непрореагировавших парафинов; 9 – Каплеотбойник; 10 – Абсорбер; 13 – Колонна отдувки; 15 – Нейтрализатор; 19 – Кристаллизатор; 20 – Фильтр; 22 – Испаритель; 23 – Конденсатор; 25 – Сборник готового продукта.

Часть реакционной массы, соответствующую часовой производительности установки по сульфокислоте, постоянно отводят в отстойник 5, где она отстаивается в течение 2 часов, и затем отделяются сульфированные продукты.

Не вступившие в реакцию парафины через верхний смотровой фонарь сливают в сборник 6, откуда возвращают в сульфуратор. Нижний слой – сульфокислоты нагревается в подогревателе 8 до 80 – 90 °С, и затем выводятся на отдувку SO₂ воздухом в колонну 13. Смесь газов из колонны 13 направляют в абсорбер 10 и затем отправляется в атмосферу. Абсорбер 10 орошается возвратной NaOH 10%.

Сульфокислоты из колонны 13 с помощью насоса подают в нейтрализатор 15. Важно, чтобы температура омыления поддерживалась не ниже 70 °С, поскольку высокая температура приводит к значительному отщеплению диоксида серы [7].

Затем полученный продукт отправляют на отстой в аппарат 16. Верхний слой непрореагировавших парафинов из отстойника возвращается на сульфоокисление, нижний слой – паста алкилсульфоната подается на охлаждение в холодильник 18 и на кристаллизацию Na₂SO₄ – в кристаллизатор 19. Сюда же отправляют свежий изопропанол из конденсатора 23.

В кристаллизаторе при постоянном перемешивании сульфоната и изопропанола, взятых в соотношении 1:1,4, в течение 30 минут и температуре 5 – 10 °С происходит кристаллизация Na₂SO₄. Кристаллы и растворы направляют на фильтр 20. Отфильтрованный раствор подают в нагреватель 21, где его нагревают до температуры 130 °С, и затем под давлением в испарительную колонну 22 на отгонку остаточных парафинов, воды и изопропанола. Пасту алкилсульфоната натрия из колонны подают в сборник готового продукта 25. Состав 70% раствор алкилсульфоната натрия представляет из алкилсульфонат натрия - 65%, Na₂SO₄- 3%, парафины - 2 %, воды - 30 % .

1.6. Размещение технологического оборудования

Определяющим фактором развития химического производства является укрепление и комбинирование технологических установок, рост мощности единичных производственных агрегатов.

Внедрение укрепленных установок при одновременном комбинировании отдельных технологических процессов в одном производстве дает большой экономический эффект, позволяет улучшать условия труда и увеличить степень безопасности проведения технологических процессов. При этом обеспечивается технологическая последовательность и территориальное объединение взаимосвязанных технологических установок на производстве для создания рациональной структуры предприятия. При укреплении и комбинировании уменьшается общая протяженность промежуточных энергетических и технологических коммуникаций. Компактное размещение установок облегчает ее автоматизацию и позволяет разместить, обслуживающий персонал вне опасных зон.

Укрепление производственных установок требует применения уточненных методов расчета оборудования и технологических параметров процесса, выбора необходимых конструкционных материалов и режимных показателей, использования эффективных защитных, блокировочных и сигнализирующих устройств и других необходимых мер безопасности.

Все оборудования для промышленного производства находятся на закрытых площадках. Помещения так же сохраняются только для размещения приборов контроля и управления процессом производства и для нахождения в них персонала, обслуживающего персональные установки.

Размещение оборудования на открытых площадках менее опасно, чем в закрытых, так как при нарушении герметичности, выделяющиеся взрывоопасные газы и пары попадают в атмосферу и рассеиваются, не собираются в рабочей зоне и не создают местных и общих для всего помещения опасных и вредных концентраций.

Но так как процесс производства алкилсульфонатов натрия идет при 20–30 °С все оборудования находится в помещении. Во избежание чрезвычайных ситуаций, все помещение оборудовано системы вентиляции, защитные ограждения оборудования, сооружений, устройства заземления и зануления оборудования, молниезащита, устройства автоматического контроля и сигнализации (сигнализаторы до взрывоопасной концентрации), предохранительные устройства, средства защиты от шума и вибрации, теплоизоляция оборудования и трубопроводов, находящихся под продуктом с повышенной и пониженной температурой, средства связи, оповещения, знаки безопасности.

3 . Финансовый менеджмент

Под производственной мощностью химического предприятия понимается максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования. Площадей в результате внедрения инноваций или проведения организационно-технических мероприятий [14].

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эф.}} \cdot K_{\text{об}} = 7,5 \cdot 6480 \cdot 1 = 49000 \quad (30)$$

где $P_{\text{час}}$ – часовая производительность оборудования в натуральных единицах; $T_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования (час.);

$K_{\text{об}}$ – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном.}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}} = 275 - 5 - 0 = 270 \text{ дней} \quad (31)$$

где $T_{\text{ном.}}$ – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период;

$T_{\text{ТО}}$ – время технологических остановок.

$$T_{\text{ном}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}} = 365 - 90 - 0 = 275 \text{ дней} \quad (32)$$

где $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 33 – Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	365 (8760)
Режим потери рабочего времени	
• Выходные	90 (2160)
	108 (2592)
Номинальный фонд рабочего времени	167(4008)
Простой оборудования в ремонтах	5 (120)
Эффективное время работы оборудования за год	270 (6480)

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{экс}} = T_{\text{эф}}/T_{\text{н.}} = 270/275 = 0,98 \quad (33)$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{инт}} = Q_{\text{шт}}/Q_{\text{max}} = 7,4/7,4 = 1 \quad (34)$$

где $Q_{\text{шт}}$ – производительность единицы оборудования в единицу времени;

Q_{max} – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности: $K_{\text{им}} = K_{\text{экс}} \cdot K_{\text{инт}} = 0,98 \cdot 1 = 0,98$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ($N_{\text{год}}$): $N_{\text{год}} = K_{\text{им}} \cdot M = 0,98 \cdot 49000 = 48000$ кг/год

где $K_{\text{им}}$ – коэффициент использования мощности.

3.1. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

3.1.1. Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

Таблица 34 – Расчет численности персонала основных рабочих

Категория персонала	Норма обслужи вания,	Число в смен в сутки	Число единиц оборудов ания.	Явочная численно сть	Эффекти вное время рабочего	Списочн ая численно сть
	$N_{\text{обс}}$	S	n	$N_{\text{яв}}$	$T_{\text{эфф}}$	$N_{\text{сп}}$
Основные рабочие	3	2	25	2	8	12
Лаборант	1	1		1	8	1
Вспомогательные рабочие	1	3	25		8	3

Таблица 35 – Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Наименование должности	Категория	Тарифный разряд	Число штатных единиц	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник цеха	ИТР	14	1	1	1
Технолог	ИТР	13	1	1	1

Таблица 36 – Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1	Календарный фонд времени	365	2920
2	Режим потери рабочего времени		
	<ul style="list-style-type: none"> • Летний отдых • Выходные 	90 108	720 2592
3	Номинальный фонд рабочего времени	167	4008
4	Планируемые не выходные		
	• очередные и дополнительные отпуска	28	224
	• невыходы по болезни	14	112
	• выполнение госуд. обязанностей	5	40
5	Эффективное время работы оборудования за год	270	6480

Таблица 37 – График сменности

Номер смены	Часы работы	Дни месяца						
		1	2	3	4	5	6	7
1	с 8 ⁰⁰ до 20 ⁰⁰ час.	А1Л1	А2Л1	А1Л1	А2Л1	А1Л1	А2	А1
2	с 20 ⁰⁰ до 8 ⁰⁰ час.	Б1	Б2	Б1	Б2	Б1	Б2	Б1
Отдых		А2В2	А1В1	А2В2	А1В1	А2В2	А1В1Л1	А2В2Л1

График сменности представляет собой изображение очередности выхода работающих на работы, А1, А2, В1, В2, Л1– условное обозначение бригад.

Для всех остальных работников предприятия устанавливается следующий режим работы:

начало работы 08:00 час.

перерыв с 12:00 до 13:00 час.

окончание работы 20:00 час.

выходные дни:

- суббота, воскресенье – для лаборанта, начальник цеха, технолога.
- Аппаратчики и вспомогательные рабочие работают день через день.

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов и согласно штатному расписанию.

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

Таблица 38 – Фонд заработной платы

Наименование	Численность, чел.	Заработная плата за месяц, тыс. руб.	Итого, тыс. руб.
Инженерно-технические работники (ИТР)	2	25	450
Лаборант	1	15	135
Основные рабочие (ОР)	12	17	1836
Вспомогательные рабочие	1	14	126
Итого			2547

3.2. Расчет затрат на производство продукции

3.2.1. Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планов-заготовительных цен. Расчет годовой потребности в сырье и материалах приведен на 48 тонн продукта в таблице.

Таблица 39 – Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Наименование	Ед. изм.	Цена	Расход, кг		Затраты, тыс. руб.	
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	На единицу готовой продукции	На весь объем производства
Парафин	кг	800	0,06	2880	0,048	2304
Диоксид серы	кг	8	0,04	1920	0,0003	15,36
Кислород	кг	5	0,01	480	0,0001	2,4
Воздух	кг	5	0,38	18240	0,002	91,2
Вода	кг	0,1	0,46	22080	0,00005	2,208
Сода каустическая	кг	23	0,05	2400	0,001	55,2
Спирт изопропиловый	кг	80	0,01	480	0,001	38,4
Итого					0,052	2508,768

Расчет годовой потребности и электроэнергии

Таблица 40 – Расчет потребности электроэнергии

Наименование оборудования	Мощность (суммарная), кВт	Количество	Эффективный фонд времени оборудования,	Суммарно-потребляемая электроэнергия, кВт*ч
Сульфоалкилатор	150	1	6480	972000
Насосы	30	6	6480	1166400
Вентиляция	37		6480	239760
Освещение всего здания	1,2		6480	7776
Итого				2385936

Амортизация – постепенное перенесение основных средств на готовую продукцию в целях накопления денежных средств для простого воспроизводства основных средств.

Норма амортизации – отношение годовой суммы амортизации к стоимости основных средств, выраженная в %. Норма амортизации показывает какую долю своей балансовой стоимости ежегодно переносят основные средства на производимый продукт

Амортизацию проводим по линейному методу согласно классификации ОС, включаемых в амортизационные группы (постановление правительства РФ №1 от 01.01.2002 г.)

Начисление нормы амортизации

$$N_a = \frac{1}{T_{сл.}} \cdot 100 \%, \quad (35)$$

где $T_{сл.}$ – срок полезного использования ОС.

Начисление амортизации

$$A_m = C_{перв.} \cdot \frac{N_a}{100} \cdot 12, \quad (36)$$

где $C_{перв.}$ – первоначальная цена ОС.

Таблица 41 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Стоимость, тыс. руб	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс. руб
1. Здания, сооружения, инвентарь	1200	0,3	3,6
2. Оборудование			
2.1. Сульфуратор	550	1,2	6,6
2.Емкость для продуктов сульфоокисления	80	1,2	0,96
3. Насосы	300	1,2	3,6
3. Охладители	250	1,2	3
4. Отстойники	140	1,2	1,68
5. Каплеотбойник	150	1,2	1,8
7. Абсорбер	180	1,2	2,16
8.Сборник непрореагировавших парафинов	100	1,2	1,2
9.Сборник непрореагировавших NaOH 10%	60	1,2	0,72
9. Колонная отдувки	400	1,2	4,8
10.Неатрализатор	550	1,2	6,6
11. Кристаллизатор	550	1,2	6,6
12. Фильтр	130	1,2	1,56
13. Испаритель	450	1,2	5,4
14. Конденсатор	130	1,2	1,56
14. Сборник готового продукта	120	1,2	1,44
Итого			53,28

Таблица 42 – Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства - 48 т

Статьи затрат	Ед. изм	Затраты на единицу готовой продукции	Затраты на весь объем
1. Сырье	тыс. руб	0,052	2508,768
2. Электроэнергий на технологические нужды	тыс. руб	0,037	1788,750
3. Топливо на технологические нужды	тыс. руб	0,002	100,000
4. Заработная плата производственных рабочих	тыс. руб	0,053	2547,000
4.1. Отчисления на соц. нужды производственных рабочих (30%)	тыс. руб	0,016	764,100
Итого условно-переменных издержек	тыс. руб	0,161	7708,618
5. Общепроизводственные накладные расходы	тыс. руб		
5.1. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;	тыс. руб		
<input type="checkbox"/> Амортизация оборудования;		0,001	53,280
<input type="checkbox"/> Ремонт оборудования;		0,001	70,000
<input type="checkbox"/> Заработная плата ремонтного персонала;		0,001	60,000
<input type="checkbox"/> Отчисления на соц.нужды ремонтного персонала (30%)		0,000	18,000
5.2. Заработная плата ИТР	тыс. руб	0,004	200,000
<input type="checkbox"/> Отчисление на соц. нужды ИТР(30%)	тыс. руб	0,001	60,000
Итого условно-постоянных издержек	тыс. руб	0,010	461,280
Цеховая себестоимость (1+2+3+4+5)	тыс. руб	0,170	8169,898
6. Управленческие расходы (3% от цеховой себестоимости)	тыс. руб	0,005	245,097
Заводская себестоимость (цеховая себестоимость +6)	тыс. руб	0,175	8414,995
7. Коммерческие расходы (1% от заводской себестоимости)	тыс. руб	0,002	84,150
Полная себестоимость (Заводская себестоимость +7)	тыс. руб	0,177	8499,145
Итого условно-переменных издержек	тыс. руб	0,161	7708,618
Итого условно-постоянных издержек	тыс. руб	0,010	461,280

3.3. Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \cdot (1 + P/100) = 177 \cdot (1 + 10/100) = 195 \text{ руб} \quad (37)$$

где C – полная себестоимость единицы готовой продукции; P – рентабельность продукции (%). Рентабельность продукции можно принять от 10% до 25%.

3.4. Анализ безубыточности в проектном году

Цель анализа-определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытки. В точке безубыточности выручка от продажи продукции ($V_{\text{ПР}}$) равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

Графическим способом:

Графически точка безубыточности определяется согласно рисунку 7.

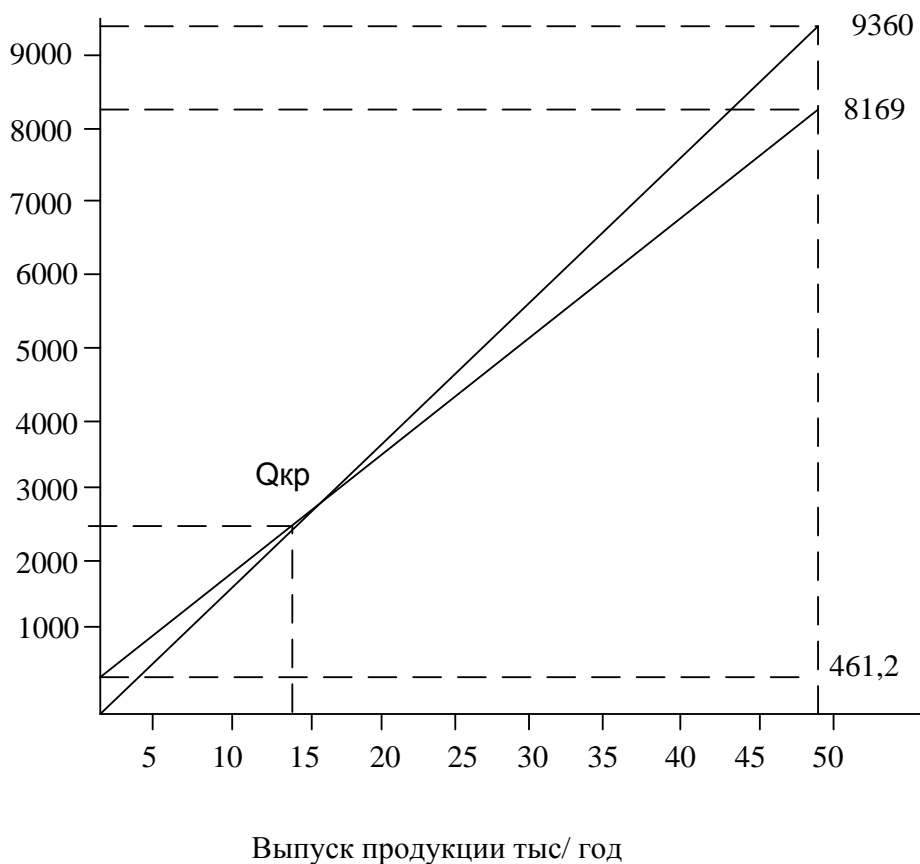


Рисунок 8. Графически точка безубыточности

Вывод: Критический объём продаж ($Q_{кр.}$) показывает, сколько необходимо предприятию произвести и реализовать готовой продукции по заложенной цене, чтобы покрыть все издержки на производство и реализацию продукта и войти в зону прибыли.

3.5. Определение потребности в инвестициях в проектном году

В этом разделе необходимо определить сумму инвестиций для осуществления инновационного проекта (табл. 10)

Таблица 43 – Потребность в инвестициях для инновационной деятельности

Наименование объекта	Ед. изм.	Величина
1. Капитальные затраты	тыс. руб.	
1.1. Стоимость (аренда) производственных зданий	тыс. руб.	200
1.2. Приобретение оборудования и других основных средств	тыс. руб.	80
2. Затраты на оборотные средства	тыс. руб.	70
3. Организационные расходы	тыс. руб.	40
4. Затраты на НИОКР	тыс. руб.	60
Всего инвестиций	тыс. руб.	450

Стоимость строительных зданий

Капитальные затраты на строительство зданий определяем по приближенной формуле:

$$Z_k = V \cdot C_v = 33 \cdot 6060 = 200\,000 \text{ руб} \quad (38)$$

Где V – общий объём здания, м^3 ;

C_v – стоимость 1м^3 промышленного здания и бытовых помещений, руб/ м^3 .

Определение стоимости оборудования

Таблица 44 – Расчет стоимости оборудования

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, тыс. руб	Транспортные расходы, тыс. руб.	Монтаж оборудования, тыс.руб.	Первоначальная стоимость
1. Сульфоалкилатор	50	15	10	40
2. Неатрализатор	30	10	7	20
Итого	80	25	17	60

3.6. Расчет экономической эффективности инвестиционных показателей в случае внедрения инновационного проекта

Расчет инвестиционных коэффициентов

Рассчитываем следующие инвестиционные коэффициенты:

- 1) Чистая текущая стоимость;
- 2) Индекс доходности;
- 3) Внутренняя ставка доходности;
- 4) Срок окупаемости;

Таблица 45 – Расчет чистого денежного потока (ЧДП)

Наименование показателя	Годы (t=0,1,2...n)				
	1	2	3	4	5
1. Объем продаж, тыс.т	48,0	49,0	49,0	49,0	49,0
2. Цена 1 тонны, тыс руб.	195,0	195,0	195,0	195,0	195,0
3. Выручка от продаж, тыс. руб.	9360,0	9555,0	9555,0	9555,0	9555,0
4. Суммарные издержки, тыс.руб.	8169,8	8169,8	8169,8	8169,8	8169,8
5. Амортизация здания, тыс. руб.	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
6. Амортизация оборудования, тыс. руб.	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
7. Проценты за кредит, тыс.руб.	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
8. Прибыль до вычета налогов, тыс. руб. (3-4-7)	1170,2	1365,2	1365,2	1365,2	1365,2
9. Налог на прибыль (20%*8),тыс. руб.	234,0	273,0	273,0	273,0	273,0
10. Чистая прибыль, тыс. руб. (8-9)	936,2	1092,2	1092,2	1092,2	1092,2
13. Амортизация, тыс. руб. (5+6)	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0
14. Чистый денежный поток от операционной деятельности, тыс.руб. (10+13)	984,2	1140,2	1140,2	1140,2	1140,2
15. Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.(i = 20 %)	196,8	791,8	659,8	549,8	458,2

3.6.1. Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то NPV (чистая текущая стоимость определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0 \quad (39)$$

Где ЧДП оп_t – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I₀ – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета (t = 0, 1, 2... n);

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

$$NPV = 2657 - 450 = 2207 \text{ тыс. руб.}$$

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем.

Условия эффективности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше NPV, тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

3.6.2. Индекс доходности инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 \quad (40)$$

I₀ – первоначальные инвестиции.

$$PI = 2657/450 = 5,9 \text{ тыс. руб}$$

Условием эффективности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение $PI > 1$.

3.6.3. Внутренняя ставка доходности (IRR)

Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «Внутренней ставки доходности». Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков при $NPV = 0$. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск инвестирования в данный проект.

3.6.4. Срок окупаемости инвестиций

Метод расчета срока окупаемости инвестиции PP состоит в определении того периода, через который первоначальные инвестиции будут возвращены прибылью и чистыми денежными поступлениями. Этот метод ориентирован на краткосрочную оценку, рассматривает, как скоро инвестиционный проект окупит себя. Чем быстрее проект окупит первоначальные затраты, тем эффективнее проект. Использование данного показателя предполагает установление приемлемого значения срока окупаемости как меры оценки эффективности инвестиций. Чем больше нужно ликвидировать инвестору, тем короче должен быть срок окупаемости.

Данный способ используется, когда сумма первоначальных инвестиций делится на величину годовых поступлений (чистой прибыли):

$$PP = I_0 / \text{ЧДП} = 450 / 1140,2 = 0,4 \text{ года} \quad (41)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции;

ЧДП – чистый денежный поток от операционной деятельности.

Данный подход применяется в тех случаях, когда величины чистых денежных поступлений примерно равны по годам.

Таблица 46 – Расчет IRR

Периоды	0	1	2	3	4	5	NPV
Денежный поток	-450	984,2	1140,2	1140,2	1140,2	1140,2	
Коэффициент дисконтирования, i , %							
$i=0,20$	1	0,33	0,11	0,04	0,01	0,00	
$i=0,21$	1	0,32	0,10	0,03	0,01	0,00	
$i=0,22$	1	0,31	0,10	0,03	0,01	0,00	
$i=0,23$	1	0,30	0,09	0,03	0,01	0,00	
$i=0,24$	1	0,29	0,09	0,03	0,01	0,00	
$i=0,25$	1	0,29	0,08	0,02	0,01	0,00	
$i=0,26$	1	0,28	0,08	0,02	0,01	0,00	
Дисконтированный денежный поток							
$i=0,20$	-450	328,07	126,69	42,23	14,08	4,69	65,75
$i=0,21$	-450	317,48	118,65	38,27	12,35	3,98	40,73
$i=0,22$	-450	307,56	111,35	34,80	10,87	3,40	17,98
$i=0,23$	-450	298,24	104,70	31,73	9,61	2,91	-2,80
$i=0,24$	-450	289,47	98,63	29,01	8,53	2,51	-21,84
$i=0,25$	-450	281,20	93,08	26,59	7,60	2,17	-39,36
$i=0,26$	-450	273,39	87,98	24,44	6,79	1,89	-55,52

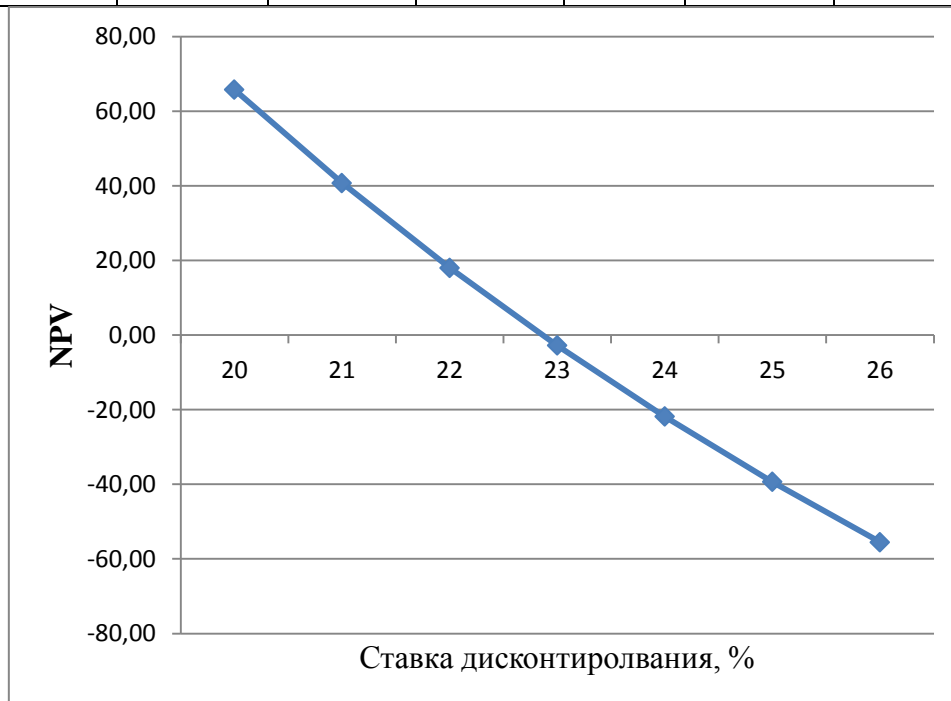


Рисунок 9. Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 22,7%.

4.7. Определение технико-экономических показателей

Таблица 47 – Техничко – экономические показатели

Наименования показателя	Ед. изм	Плановый год
1. Объём производства	т.	48
2. Объём продаж	т.	48
3. Цена 1 тонны	тыс. руб.	195
4. Выручка от продажи (2*3)	тыс. руб.	9360
5. Суммарные издержки	тыс. руб.	8169
5.1.Издержки переменные	тыс. руб.	7708,6
5.2.Издержки постоянные	тыс. руб.	461,2
6. Операционная прибыль (4-5)	тыс. руб.	1190,2
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс. руб.	238
8. Чистая прибыль (6-7)	тыс. руб.	952,2
9. Себестоимость 1 тонны	тыс. руб.	0,177
10. Стоимость основных средств	тыс. руб.	2508,8
11. Численность основных рабочих	чел.	12
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс. руб./чел.	209,1
13. Фондоотдача (4/10)	тыс. руб.	3,7
14. Фондоемкость (10/4)	тыс. руб.	0,3
15. Производительность труда (4/11)	тыс. руб./чел.	780
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	0,1
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	0,1
18. Критический объём продаж ($Q_{кр.}$)	т.	13,6

Вывод на основании расчетных данных данный проект следует считать эффективным:

Критический объём продаж ($Q_{кр.}$) – 2500 тыс. руб.

Чистая текущая стоимость (NPV) – 2207 тыс. руб.

Индекс доходности инвестиций (PI) – 5,9

Внутренняя ставка доходности (IRR) - 22,7%.

Срок окупаемости инвестиций (PP) – 0,4 года