

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

Институт электронного обучения
 Направление подготовки - Химическая технология
 Кафедра химической технологии органических веществ и полимерных материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект установки получения 9-этоксикарбазола

УДК 661.728.85:547.759.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д12	Домложонов А.З.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТОВ и ПМ	Ротарь О.В.	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина А.А	к.х.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников М.Э.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТОВ и ПМ	Юсубов М.С.	д.х.н. профессор		

Томск – 2016 г.

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



Институт электронного обучения

Направление подготовки - Химическая технология

Кафедра - химическая технология органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Юсубов М.С.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д12	Домложенов Абдурахмонжон Зокиржон угли

Тема работы:

Проект установки полимеризации этилена высокого давления

Утверждена приказом директора (дата, номер)

28.01.2016 №409/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Проект получения 9-этоксикарбазола. Емкостной реактор снабженный мешалкой периодического действия. Производительность установки 66 тонн в год.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Теоретическая часть Объект и методы исследования Инженерные расчеты</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Вид общий основного аппарата Сборочные единицы Технологическая схема</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Сечина А.А.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гусельников М.Э.</p>
<td data-bbox="660 1025 1495 1097"> </td>	
<td data-bbox="660 1097 1495 1164"> </td>	

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>все разделы предоставлены на русском языке.</p>	
<td data-bbox="223 1422 1495 1485"> </td>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>20.09.2015</p>
--	--------------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Ротарь О.В.</p>	<p>к.х.н., доцент.</p>	<td data-bbox="1329 1771 1495 1836"> </td>	

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>3-2Д12</p>	<p>Домложонов А.З.</p>	<td data-bbox="1329 1971 1495 2036"> </td>	

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 94 страниц, 24 таблиц, 10 рисунков, 26 литературных источников, 3 листа графического материала.

Ключевые слова: карбазол, 9-этоксикарбазол, ацетон, этиленхлоргидрин, гидроксид натрия.

Цель работы – спроектировать установку получения 9-этоксикарбазола с мощностью 66 тонн в год.

Объектом разработки является алкилирование карбазола этиленхлоргидрином в присутствии ацетона и гидроксида натрия. Целью проектирования является разработка комплекса взаимосвязанных процессов, обеспечивающих выработку требуемого продукта нужного качества.

Выпускная квалификационная работа выполнена на кафедре ХТОВ и ПМ под руководством Ротарь О.В. студентом группы 3-2Д12 Домложоновым А.З.

Содержание

Введение.....	8
1. Техничко-экономическое обоснование	10
2. Характеристика производимой продукции. Характеристика исходного сырья.....	11
2.1 Физические свойства 9-этоксикарбазола	11
2.2 Физико-химические свойства применяемых в производстве веществ ..	12
2.3 Физико-химические основы технологического процесса.....	15
2.4 Схема химической реакции производства 9-этоксикарбазола	16
3. Теоретическая часть	17
3.1 Химические свойства карбазола.....	17
3.2 Алкилирование.....	19
3.2.1 N-алкилирование.....	20
3.2.2 Катализаторы в процессах алкилирования	25
4. Расчеты и аналитика.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.1 Выбор конструкции и материала основного аппарата.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Описание технологического процесса.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Схема материальных потоков	Ошибка! Закладка не определена.
4.4 Ежегодные нормы расхода основных видов сырья....	Ошибка! Закладка не определена.
4.5 Материальный баланс.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.5.1 По стадийный материальный баланс	Ошибка! Закладка не определена.
4.6 Тепловой баланс	Ошибка! Закладка не определена.
4.7 Аппаратный расчет	Ошибка! Закладка не определена.

4.7.1 Мешалка.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.7.2 Осадитель	Ошибка! Закладка не определена.
4.7.3 Центрифуга	Ошибка! Закладка не определена.
4.7.3 Сушилка	Ошибка! Закладка не определена.
4.8 Конструктивный расчет	Ошибка! Закладка не определена.
5. Контроль производства и управление технологическим процессом.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.1 Аналитический контроль	Ошибка! Закладка не определена.
5.2 Автоматический контроль	Ошибка! Закладка не определена.
6. Финансовый менеджмент.....	28
6.1 Расчет производственной мощности и производственной программы .	28
6.2 Расчет годового фонда заработной платы персонала установки.....	29
6.3 Расчет затрат на производство продукции.....	33
6.3.1 Расчет годовой потребности в сырье и материалах	33
6.3.2 Расчёт стоимости основных производственных фондов и амортизационных отчислений от них	34
6.4 Определение цены готовой продукции	37
6.5 Анализ безубыточности	37
6.6 Определение технико-экономических показателей	38
7. Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.
7.1 Профессиональная социальная безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
7.2 Экологическая безопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
7.2.1 Защита селитебной зоны.	Ошибка! Закладка не определена.
7.2.2 Защита атмосферы.	Ошибка! Закладка не определена.
7.2.3 Защита гидросферы.	Ошибка! Закладка не определена.
7.2.4 Защита литосферы.	Ошибка! Закладка не определена.

7. 3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**Ошибка! Закладка не определена.**

7.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве. **Ошибка! Закладка не определена.**

7.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.**Ошибка! Закладка не определена.**

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.
Ошибка! Закладка не определена.

7.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.**Ошибка! Закладка не определена.**

7.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Ошибка! Закладка не определена.

Заключение **Ошибка! Закладка не определена.**

Список использованных источников: **Ошибка! Закладка не определена.**

Спецификация

Графический материал:

ФЮРА 18.03.01.002.ТЗ. Технологическая схема.	На отдельном листе.
ФЮРА 18.03.01.002.ВО. Чертеж общего вида.	На отдельном листе.
ФЮРА 18.03.01.002.СБ. Сборочные единицы.	На отдельном листе.

Введение

Как важное промышленное сырье, карбазол, является отходом коксохимической промышленности и выделяется из каменноугольного антрацена (сырье для получения антрахинона). Возможность использования карбазола как в промышленности красителей, так и в каменноугольной индустрии представляла всегда значительный интерес.

Естественно поэтому, что основные исследования в химии карбазола были проведены в Европе.

Благодаря последующим работам Перкина, Планта, Такера и их учеников химия карбазола к настоящему времени представляет собой уже весьма хорошо изученную область. Появились новые сведения о применении соединений карбазола, из которых наибольшее значение имели данные относительно винилкарбазола и его полимеризации.

Карбазол - азотосодержащее гетероциклическое соединение, выделяемое из антраценовой фракции каменноугольной смолы, впервые получил техническое применение в 1910 году, когда из него стали выпускать в Германии высокопрочные гидроновые красители. Впоследствии области технического применения карбазола были несколько расширены. Наиболее

важными этапами в развитии промышленных синтезов на основе карбазола надо считать производство азотолов для ледяного крашения, некоторых инсектицидов (нитрокарбазолов), наконец, полимеров и сополимеров 9 - винилкарбазола.

Промышленный органический синтез на базе карбазола вначале развивался только в Германии. В последующие годы (с 1942 г.) выпуск полимеров и сополимеров 9 - винилкарбазола осуществляется также в США. Между тем потенциальные ресурсы карбазола в продуктах коксохимической промышленности достаточно велики, для того, чтобы на его основе можно было развивать крупнотоннажный промышленный органический синтез.

В настоящее время карбазол выделяется и производится только в Донецке, в небольшом количестве в качестве реактива. В Германии его используют для получения термостойких полимеров и сополимеров, обладающих необычайно низкой электропроводимостью, а также для получения красителей.

В 1957 году впервые запатентовано и описано применение полимеров и сополимеров на основе 9-ВК в электрофотографии в качестве оптически чувствительной пленки, содержащей сенсбилизаторы различных типов. [1].

Интерес к карбазол содержащим полимерам по-прежнему сохраняется по причине уникальности и практической ценности их свойств: диэлектрическими, фоточувствительными, механическими и адгезионными.

Немногие из известных полимеров совмещают в себе эти свойства одновременно.

Те немногие направления технического применения карбазола, которые перечислены выше, не смогут обеспечить потребления всех ресурсов карбазола, следовательно, необходимо расширить исследования путей рационального использования карбазола в промышленности органического синтеза.

1. Техничко-экономическое обоснование

Получение алкил- производных карбазола является хорошо изученным процессом. В качестве алкилирующих агентов используются галогеналкилы, метил- димети-сульфаты. В присутствии растворов едкого калия или натрия с количественным выходом за час образуется 9-этоксикарбазол.

Алкилированием называются процессы замещения атома водорода или металла в молекуле субстрата на алкил. Различают С-, N- и O-алкилирование, которые несколько отличаются по условиям проведения. Если в молекулу вводится арил, реакция называется арилированием.

В качестве алкилирующих агентов используют, главным образом, галогенпроизводные, непредельные соединения, спирты, простые эфиры и эфиры серной и сульфокислот.

Алкилирование используют для построения углеродного скелета молекулы, а также временной защиты функциональных групп (чаще всего гидроксильной или аминогруппы в синтезе пептидов, антибиотиков, модификации сахаров). В связи с этим оно имеет большое значение в химическом синтезе лекарственных веществ и витаминов. Получение

производных карбазола служит основой для расширения ассортимента веществ, используемых как полупродукты в органическом синтезе.

2. Характеристика производимой продукции.

Характеристика исходного сырья

2.1 Физические свойства 9-этоксикарбазола

9-этоксикарбазол является кристаллическим твердым веществом, в виде белых игл. Он плохо растворим в гексане, гептане, октане, изооктане и легком бензине, но растворим в следующих растворителях: ароматических углеводородах, ацетоне, метилэтилкетоне, метиловом и этиловом спиртах, диоксане, диэтиловом эфире и нитробензоле.

Температура плавления

В литературе указаны температуры плавления (Т.пл.) 9-ЭТК от 81⁰С до от 82⁰С, от 83⁰С до от 83,5⁰С. [2]

Температура кипения

Определить истинную температуру кипения (Т.кип.) 9-ЭТК очень трудно, так как прежде чем достигается Т.кип., начинается его сублимирование. В работе Мыльникова В.С. были получены следующие величины:

Т.кип., °С	упругость пара, мм рт.ст.	[2]
110	1	
150-155	2	

Плотность 9-этоксикарбазол

Зависимость плотности 9-ЭТК (ρ_m) и его полимера (ρ_p) от температуры задаются выражениями, г/см³:

$$\rho_m = 1,168 - 6,9 \cdot 10^{-4} \cdot T;$$

$$\rho_p = 1,290 - 3,0 \cdot 10^{-4} \cdot T,$$

где T-температура, °С.

Вязкость 9-этоксикарбазола

При температуре 70°С вязкость равна 4,47, спз

2.2 Физико-химические свойства применяемых в производстве веществ

Таблица 1 - Физико-химические свойства применяемых в производстве веществ

Наименование Веществ	Внешний Вид	Плот- ность, кг/м ³	Темпера- тура плавлен- ия, °С	Темпер- атура кипения , °С	Растворимость и некоторые другие свойства
1	2	3	4	5	6
1. Карбазол, (Дибензопиррол, дефениленимин).	Бесцветные листочки.		254-247 ⁰	354- 355 ⁰	Легко возгоняется. В воде не растворим, растворим в спирте. Очень стоек к кислотам и щелочам. <i>Встречается</i> в высших фракциях каменноугольной смолы вместе с антраценом. <i>Применяется</i> в синтезе промежуточных продуктов, мономеров и красителей. <i>Получается</i> из антраценовой фракции каменноугольной смолы.
2. Этиленхлоргидрин (2-хлорэтанол, β- хлорэтиловый	бесцветная летучая вязкая жидкость, с приятным эфирным запахом	1,205	-69 ⁰	128,7 ⁰	Хорошо растворим в воде, этаноле, диэтиловом эфире, ацетоне, 1,2-дихлорэтаноле и хлороформе, мало растворим в четырёх хлористом углеороде и углеводородах. Является прекрасным растворителем для самых различных соединений: от неорганических солей до эфиров целлюлозы. С водой

спирт, хлоргидрин этиленгликоля)					этиленхлоргидрин образует азеотропную смесь (42,3% по массе этиленхлоргидрина), кипящую при 97,85 °С <i>Применяется</i> как растворитель в органическом синтезе (растворяет ацетилцеллюлозу). Также применяется при синтезе оксирана тиодигликоля. <i>Получают</i> В лабораториях этиленхлоргидрин получают нагреванием этиленгликоля с хлористым водородом
3.Ацетон (Диметилкеон, пропанон)	Бесцветная, прозрачная жидкость	789-791	-95,35	56,5	Растворимость в воде неограниченная; растворим в этаноле, эфире, бензоле, хлороформе. Коэффициент растворения паров при 38 ⁰ . Взрывоопасные концентрации в смеси с воздухом 2,55-12,8%. Трудно окисляется; каталитически восстанавливается в изопропиловый спирт.
4.Вода техническая	Бесцветная прозрачная жидкость, без запаха и вкуса, рН-7,25;	789-791	0°С	99,974 °С	Массовая доля ацетона, %, не менее 99,5; массовая доля воды, %, не более 0,5;
5. Гидроксид натрия (<i>каустическая сода, каустик, едкий натр,</i>	Белое твёрдое вещество	1,829	323	1403	Сильно гигроскопичен, на воздухе «расплывается», Хорошо растворяется в воде, при этом выделяется большое количество теплоты.

<i>едкая щёлочь)</i>					<p><i>Применяется</i> во множестве отраслей промышленности и для бытовых нужд. Производство бумаги и картона. Для омыления жиров прозводстве мыла, шампуня и т.п. Нейтрализации кислот и кислотных оксидов. Для изготовления биодизельного топлива.</p> <p><i>Получают</i> в промышленности химическими и электрохимическими методами.</p>
Хлорид натрия (Соль, поваренная соль, столовая соль, пищевая соль, каменная соль, галит)	Бесцветный, прозрачный минерал, со стекляннным блеском. В природе хлорид натрия чаще всего встречается в виде минерала галита.	2,1-2,2	800,8	1465	<p><i>Применяется</i> В пищевой промышленности, медицине, в химической промышленности и т.п.</p> <p><i>Получают</i> При действии серной кислоты выделяет хлороводород, получение из простых веществ натрия и хлора является экзотермической реакцией, нейтрализация щелочи гидроксида натрия соляной кислотой</p>

2.3 Физико-химические основы технологического процесса

В основе технологического процесса получения 9-этоксикарбазола лежат следующие процессы: перемешивание в жидкой среде, растворение, алкилирование, центрифугирование, охлаждение, сушка.

Перемешивание - создание необходимого поля скоростей потоков жидкостей путем сообщения определенной энергии. Перемешивание широко применяется для получения суспензий, эмульсий и смесей твердых частиц а также для интенсификации процессов массообмена и теплообмена.

Наиболее распространенным способом перемешивания в жидких средах является механическое перемешивание при помощи мешалок, снабженных лопастями той или иной формы.

Растворение – физический процесс, характеризующийся переходом твердой фазы в жидкую. Растворимость – свойство вещества растворяться в разных растворителях.

Алкилирование – реакция введения в молекулу органического соединения алкильной группы.

Центрифугирование (фугование) наиболее распространенный способ разделения жидких неоднородных систем под действием центробежных сил.

Различают следующие процессы разделения суспензий в центрифугах:

- центробежное фильтрование;
- центробежное отстаивание;
- центробежное осветление.

Центрифугирование представляет собой по существу процессы отстаивания и фильтрования в поле центробежных сил.

Охлаждение – это процесс, обратный нагреванию и заключается он в отводе тепла от горячего теплоносителя.

Для охлаждения до 10-30⁰С, наиболее широко используются доступные и дешевые охлаждающие агенты – воду и воздух. Для достижения более низких

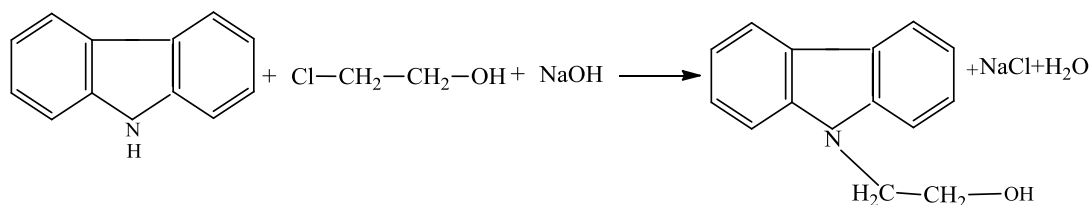
температур, применяют холодильные агенты: рассол, лед, пары жидкостей, кипящих при низких температурах.

Сушка – процесс удаления влаги из твердых или пастообразных материалов путем ее испарения и проводится это двумя способами:

- путем непосредственного соприкосновения сушильного агента (нагретого воздуха, топочных газов) с высушиваемым материалом – конвективная сушка;
- путем нагревания высушиваемого материала тем или иным теплоносителем через стенку, проводящую тепло – контактная сушка.

Также сушка проводится путем нагревания высушиваемых материалов токами высокой частоты – диэлектрическая сушка или инфракрасными лучами – радиационная сушка.

2.4 Схема химической реакции производства 9-этоксикарбазола



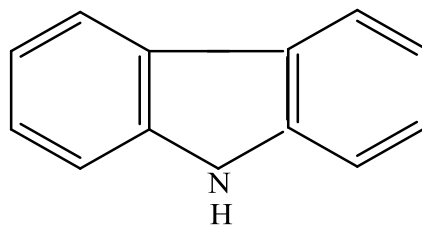
Синтез 9-этоксикарбазола реакцией алкилирования карбазола этиленхлоргидрином в присутствии гидроксида натрия проходит по выше приведенной реакции.

3. Теоретическая часть

3.1 Химические свойства карбазола

Среди многих сотен неиспользуемых или плохо используемых веществ, содержащихся в каменноугольной коксовой смоле, имеются вещества, потенциальные ресурсы которых достигают десятков тысяч тонн в год. Экономика коксохимической промышленности существенно выиграла бы, если эти вещества извлекались и использовались в народном хозяйстве. К ним относятся и карбазол, ресурсы которого в коксовых смолах стоят на третьем месте после нафталина и фенантрена и достигают десятков тысяч тонн в год. Некоторая незначительная часть ресурсов карбазола нашла промышленное применение.

Карбазол (дибензопиррол, дифениленимин) - азотосодержащее гетероциклическое соединение, имеющее циклическую систему из одного пириольного и двух конденсированных с ним бензольных колец. [3]



Карбазол имея дифенильную связь может проявлять «дифенильную» ориентацию при вступлении заместителей в ароматические кольца. Одновременно NH-группа дифениламинного типа проявляет ориентацию по типу молекулы дифениламина. Поскольку эти направления ориентации неравнозначны и даже противоположны, они конкурируют и в определенных условиях может преобладать одно из них. Чаще всего проявляется дифениламинная ориентация. Во всех случаях можно говорить лишь о преимущественной ориентации, но не об исключительном, а потому может быть всегда образование не исключительно одного изомера, а

преимущественно одного изомера при реакциях замещения. Практика нитрования, ацилирования и галогенирования это подтверждают.

Вторая особенность молекулы карбазола состоит в том, что это π -избыточный гетероцикл, т.е. ароматическая система у него подобна, например, анилину. В этот π -электронной плотности вносит свой вклад p -электронов азота. Таким образом, при всей своей амфотерности (как любой амин) карбазол выступает в реакциях по NH-группе скорее как кислота, нежели как основание. Отсюда вытекает возможность получения большего разнообразия производных в тех реакциях NH-группы, где она выступает как кислота. Слабые же основные свойства NH-группы часто не дает возможности наблюдать заметное комплексообразование с участием p -электронной пары азота.

Включение p -электронов азота в общую систему сопряжения приводит к сосредоточению избытков π -электронных плотностей у фениленовых колец в p - и o -положениях к азоту, что таким образом усиливает «дифениламиновою» ориентацию при замещениях и увеличивает общую π -электронную плотность в фениленовых кольцах по сравнению с бензолом.

Поэтому вытекает ряд важных практических следствий:

– Для карбазола как для π -избыточного гетероцикла наиболее характерны при замещениях атомы электрофильного типа; могут иметь значения и свободно радикальные процессы замещения, но нуклеофильное замещение для него наблюдаться не может;

– Изменение кислотности среды вызывает изменение делокализации p электронов азота, что может привести к изменению ориентации и возможности получения новых изомеров, редких при обычной «дифениламиновой» ориентации. Следует добавить, что изменение кислотности будет влиять и на термодинамику разрыва связи N-H.

Третья особенность молекулы карбазола состоит в относительной независимости его фениленовых колец, что вызвано, с одной стороны, симметричностью определенной структуры и, с другой стороны-достаточно

высокой степенью ее стабильности. Однако, проверка этого правила методами квантовой химии и экспериментами говорит значительной его ограниченности и условности.

Обладая известным π -электронной плотности из-за участия p -электронов гетеро-атома в сопряжении и имея гетеро-атом с парой p -электронов, карбазол является дважды основанием и поэтому должен подвергаться в первую очередь электрофильным атакам и по азоту и по фениленовым кольцам. С другой стороны, имея C-N и N-H связи, способные ионизировать по типу кислот, карбазол является дважды кислотой- C-N и N-H кислотой. Однако, вследствие сосредоточения на всех атомах C избытков π -электронной плотности кислотность C-N связей чрезвычайно мала и практически не проявляется. Проявляется только кислотность N-H связи, при ионизации которой карбазол превращается в ионную пару, содержащий потенциальный анион. Но и это проявляется далеко не всегда, а лишь в присутствии достаточно сильных оснований, т.е. и как N-H кислота карбазол является слабой кислотой. [4]

В результате этого амфотерная молекула карбазола является очень слабым основанием и очень слабой кислотой. Это в свою очередь объясняет ее значительную стойкость к действию кислот и оснований и определяет общие условия, в которых должны осуществляться кислотно-основные взаимодействия с участием карбазола.

3.2 Алкилирование

Алкилированием называются процессы замещения атома водорода или металла в молекуле субстрата на алкил. Различают C-, N- и O-алкилирование, которые несколько отличаются по условиям проведения. Если в молекулу вводится арил, реакция называется арилированием. [5]

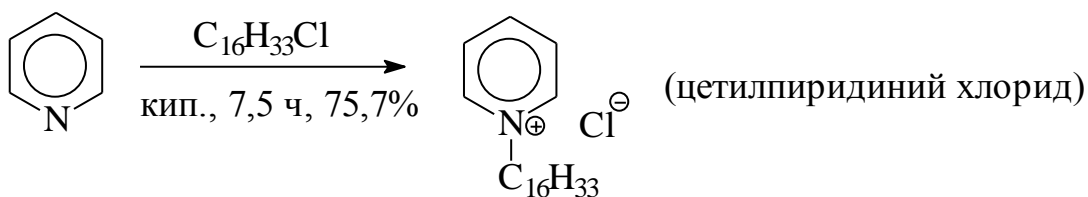
В качестве алкилирующих агентов используют главным образом, галогенпроизводные, непредельные соединения, спирты, простые эфиры и эфиры серной и сульфокислот.

Алкилирование используют для *построения углеродного скелета* молекулы, а также временной *защиты* функциональных групп (чаще всего гидроксильной или аминогруппы в синтезе пептидов, антибиотиков, модификации сахаров). В связи с этим оно имеет большое значение в химическом синтезе лекарственных веществ и витаминов.

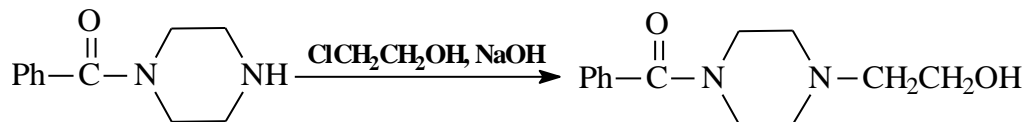
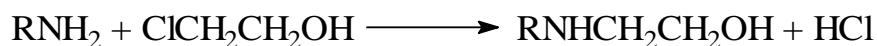
3.2.1 N-алкилирование

В качестве *алкилирующих агентов* используют алкил- и арилгалогениды, непредельные соединения, спирты, эфиры, эпоксисоединения, диалкилсульфаты, эфиры аренсульфокислот. Поэтому чаще всего реакции N-алкилирования можно рассматривать как нуклеофильное замещение S_N2.[6]

Алкилирование по атому азота гетероциклических соединений часто встречается в синтезе лекарственных веществ. Алкилгалогениды легко реагируют с пиридинами, образуя N-алкилированные четвертичные соли:

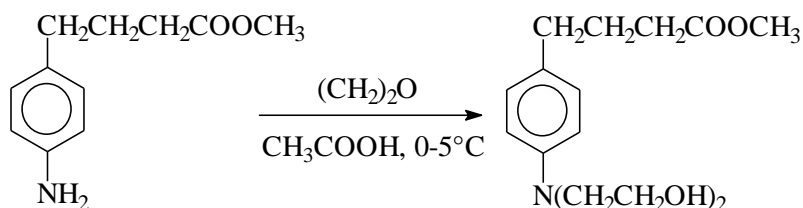


N-Алкилирование галогеноспиртами и эпокси соединениями широко применяется в *синтезе противораковых препаратов*. Для введения этанольного остатка в аминогруппу используют водный раствор *этиленхлоргидрина*:



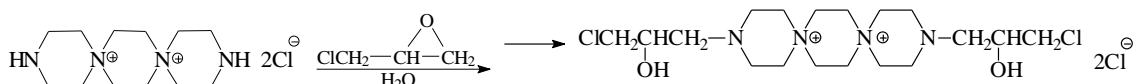
Однако наряду с N-алкилированием идет и O-алкилирование.

Поэтому вместо этиленхлоргидрина часто *используют окись этилена*. Для получения монозамещенного производного реакцию ведут в большом избытке амина в присутствии воды. Для введения двух гидроксиэтильных остатков берут небольшой избыток окиси этилена и реакцию проводят при небольшом давлении. Температура реакции обычно ниже 100°C. [6]



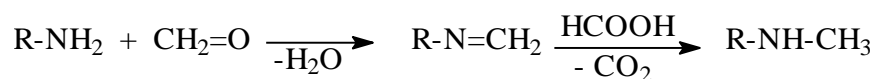
Смесь окиси этилена с воздухом взрывается, поэтому синтез ведут при полном отсутствии воздуха, что достигается продувкой аппарата азотом.

Для синтеза противоопухолевых препаратов используют и другие эпоксисоединения: окись пропилена, эпоксихлорпропан и др.



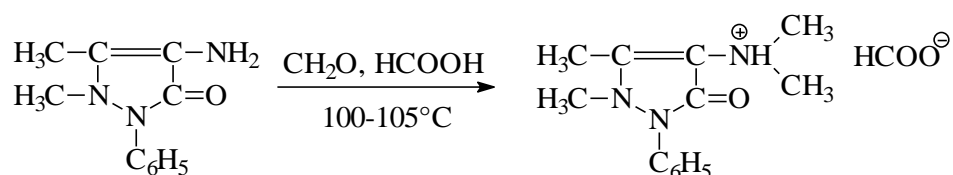
Метилирование первичных и вторичных аминов формальдегидом в среде муравьиной кислоты (по Эшвайлеру-Кларку) идет с высоким выходом, который часто достигает количественного, при температурах около 100°C. С

помощью этого метода можно алкилировать многие амины, в том числе, аминокислоты и гетероциклические амины. [6]

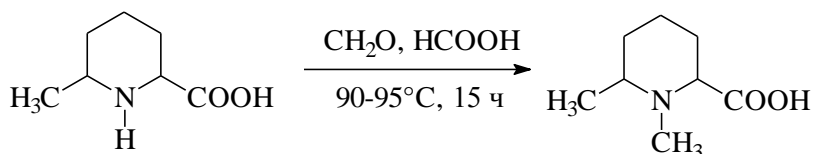
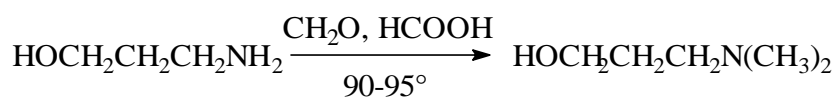


Однако реакция идет медленно в течение 10-15 часов. Метод «дорогой», используются агрессивные среды и токсичные вещества. Ароматические амины метилируются лишь при наличии орто- и пара-заместителей, препятствующих конденсации формальдегида по углеродному атому ароматического ядра. В связи с этим он используется тогда, когда другие способы не дают хороших результатов, как правило, при наличии в молекуле нескольких нуклеофильных центров. [6]

В синтезе амидопирина метилирование аминокантипирина проводят при температуре кипения реакционной массы (100-105°C):

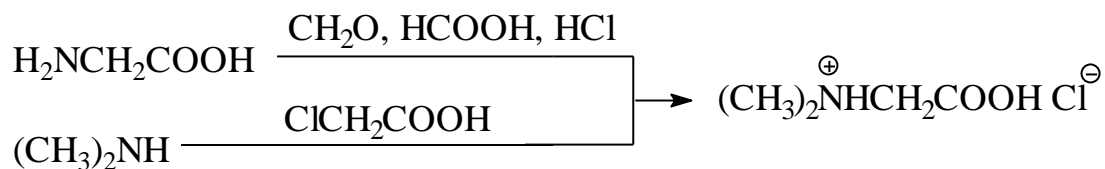


Амин выделяют из соли содой при 50°C. Аналогично метилируют 3-аминопропанол и 6-метилпиперидин-2-карбоновую кислоту:

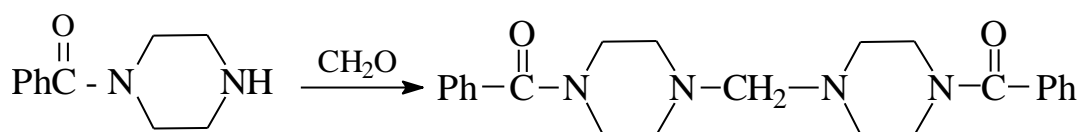


Во всех случаях выход продукта составляет около 90%.

При получении гидрохлорида диметилглицина (в синтезе витамина В₁₅) метод Эшвайлера-Кларка также дает хороший выход, однако лучше идти другим путем, так как он основан на более дешевом и доступном сырье:

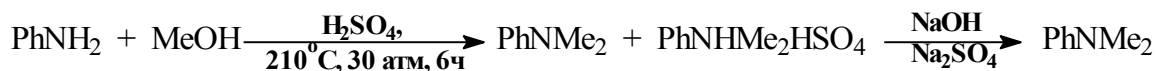


С помощью формальдегида можно связать две молекулы субстрата через метиленовую группу:



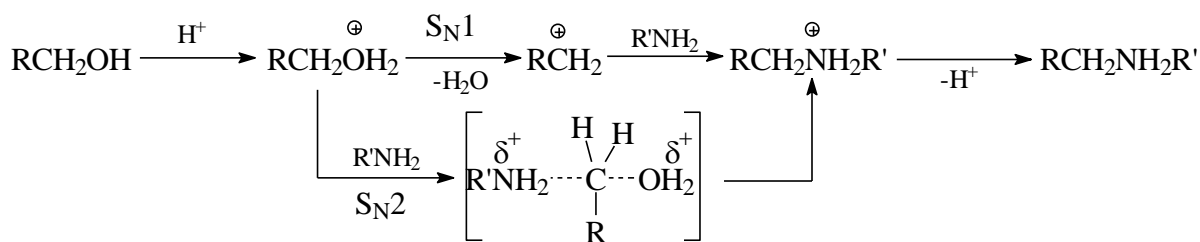
N-Алкилирование спиртами. Обычно используют для алкилирования ароматических аминов. *В жидкой фазе* реакцию проводят в присутствии минеральных кислот в автоклавах под давлением выше 3 МПа, температуре 180-220°C и в течение до 10 часов. [7]

Так получают *диметиланилин* из анилина, метилового спирта и серной кислоты. (При использовании метилиодида – 125°C, 10 атм, 10 час).



В качестве побочного продукта образуется некоторое количество соли четвертичного аммониевого основания, для разложения которого реакционную массу нагревают в автоклаве с раствором едкого натра.

Каталитическая роль кислоты заключается в том, что она протонирует спирт, образуя хорошо уходящую группу -O⁺H₂. Вода либо вытесняется нуклеофилом (S_N2-механизм), либо отщепляется (S_N1-механизм), образуя карбокатион, который реагирует с ароматическим амином:

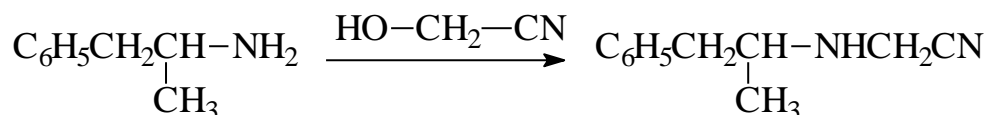


Природа минеральной кислоты заметно влияет на скорость протекания реакции. Так, при алкилировании анилина избытком этилового спирта в одинаковых условиях (под давлением при 180-200°C) в присутствии соляной кислоты получается *смесь продуктов*, содержащая значительное количество моноэтиланилина, а в случае *бромоводородной кислоты* - в основном *диэтиланилин*. Однако чаще всего *используют* серную и соляную кислоты. Серную кислоту *загружают* из расчета до 0,3 моль, а соляную до 1 моль на моль амина.[7]

Спирт для алкилирования берется в избытке. При получении третичных аминов этот *избыток* больше (до 160% от теоретического), при получении вторичных – меньше.

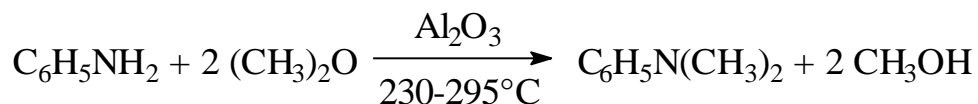
В паровой фазе алкилирование *ароматических аминов* спиртами проводят при температуре 300-400°C в присутствии *окси алюминия* в качестве катализатора.

Алкилирование спиртами в синтезе химико-фармацевтических препаратов имеет *меньшее значение*, чем другими алкилирующими реагентами. В качестве примера можно привести алкилирование *1-фенил-2-пропанамина гидроксиацетонитрилом* в производстве *сиднофена*:



Алкилирование простыми эфирами осуществляют пропусканием *смеси паров амина и эфира* при температуре 250-350°C через катализатор (Al₂O₃, ThO₂, TiO₂, ZrO₂).

Практический интерес представляет использование в качестве метилирующего средства *метилового эфира*, который является побочным продуктом в производстве метилового спирта:



В промышленной установке избыток паров метилового эфира смешивают в испарителе с парами анилина. Смесь паров поступает в контактный аппарат трубчатого типа, где на 94-96% превращается в диметиланилин. После отделения метанола смесь аминов с метиловым эфиром поступает во второй контактный аппарат, после которого степень превращения анилина в диметиланилин достигает 99,5-99,6% от теоретического. Общий выход диметиланилина с учетом потерь на других стадиях производства составляет 97,6%. В качестве катализатора используется активированная окись алюминия. Катализатор работает без замены 5 лет. Этого удалось достичь благодаря применению испарителя с циркуляцией анилина при неполном его испарении. Установка производительностью 5000 тонн диметиланилина в год автоматизирована и обслуживается всего двумя рабочими в смену. Коррозия в производстве диметиланилина парофазным методом практически отсутствует, а потому вся аппаратура выполнена из обычной углеродистой стали.[7]

3.2.2 Катализаторы в процессах алкилирования

Протонные кислоты - главным образом при алкилировании ароматических соединений спиртами и алкенами. Их *активность* как катализаторов падает в ряду $\text{HF} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_3\text{PO}_4$.

Апротонные кислоты (кислоты Льюиса) - чаще всего при алкилировании алкилгалогенидами и алкенами. По *активности* их можно

расположить в следующий ряд: $\text{AlBr}_3 > \text{AlCl}_3 > \text{FeCl}_3 > \text{BF}_3 > \text{TiCl}_3 > \text{ZnCl}_2 > \text{TiCl}_4$

Оксиды металлов и бора (B_2O_3), *обработанные* борной кислотой, трифторидом бора и *активированные* фтором. Наиболее активными оказались амфотерные оксиды (Al_2O_3 , Cr_2O_3 и др.), модифицированные BF_3 .

Цеолиты, общей формулы $\text{M}_{2/n}\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$, где М – металл; n – его валентность. *Каталитические свойства* цеолитов можно менять: а) изменяя объём пор (0,2-1,0 нм), введением различных катионов методом ионного обмена (чаще всего Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+}); б) изменяя алюмосиликатный состав ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$, $x \approx 3 \div 6$). Чем больше величина x, тем активнее цеолит. в) добавляя к цеолитам вещества, обладающие кислотными свойствами.

Катиониты, представляющие собой полимеры (чаще всего полистирольные), содержащие $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$, $-\text{PO}_3\text{H}_2$ и другие группы.

Активность таких катализаторов определяется свойствами полимерной основы, степенью замещения кислотными группами (сульфирования), размерами катализатора, его пористостью, термической стабильностью и кислотностью.

Активность катализатора *зависит* также и от 1) строения субстрата; 2) природы алкилирующего агента; 3) условий реакции (температура, давление и т.д.). Например, трифторид бора является активным катализатором при алкилировании спиртами, алкенами, фторпроизводными, но при алкилировании другими алкилгалогенидами его активность мала.

Катализаторы могут быть твердофазными и жидкофазными. Использование твердых гетерофазных катализаторов (оксидов, цеолитов, катионитов) *предпочтительно*, так как при этом упрощается *технология процесса* (отделение и регенерация катализатора); уменьшаются *затраты* на подготовку сырья, промывку реакционной массы и нейтрализацию кислых

сточных вод; уменьшается *коррозия* оборудования; упрощается организация непрерывных процессов и т.д. В случае апротонных кислот, выбор того или иного вида катализа зависит от растворителя и свойств кислоты Льюиса. При наличии двух жидких фаз (кислотно-солевой и органической) реакция, в основном, проходит в кислотно-солевом слое. [7]

При алкилировании с помощью алкилгалогенидов и алкенов обычно достаточно небольшого количества катализатора, а при алкилировании спиртами необходимо, по меньшей мере, эквимольное количество кислоты Льюиса, так как вода, образующаяся при реакции, дезактивирует катализатор.

6. Финансовый менеджмент

Целью экономического расчёта является определение расходов на производство 9-этоксикарбазола, рассчитать себестоимость 66 тонн 9-этоксикарбазола.

6.1 Расчет производственной мощности и производственной программы

Производственная мощность – это максимально возможный выпуск продукции в определенной номенклатуре и ассортименте при наиболее полном использовании в течение года оборудования и производственных площадей, применении прогрессивных технических норм производительности оборудования и удельных норм расхода сырья и материалов. Под производственной мощностью оборудования следует понимать его максимальную способность выпускать продукцию за определенный календарный период времени при наилучших организационно-технических условиях. Производственная мощность выражается количеством выпускаемой продукции и измеряется в натуральных единицах.

Все аппараты цехов химических предприятий делятся на несколько групп:

1. основное оборудование;
2. вспомогательное оборудование;
3. аппараты, выполняющие подготовительные функции.

Поскольку производственный процесс является непрерывным, на предприятии планируется общую остановку на капитальный ремонт.

Для расчета производственной мощности предприятия применяют следующую формулу:

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot n, \quad (6.1.1)$$

где $P_{\text{час}}$ - часовая производительность по целевому компоненту, 8,34 кг/час;

n - количество однотипного оборудования, $n=1$.

$T_{\text{эфф}}$ - эффективное время работы оборудования за год по выпуску данного вида продукции, час;

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном.}} - T_{\text{ППР}}, \quad (6.1.2)$$

где $T_{\text{ном.}}$ - номинальный фонд работы оборудования, 8760 ч;

$T_{\text{ппр}}$ - время затрачиваемое на капитальный ремонт, 840 ч.

$$T_{\text{эфф}} = 8760 - 840 = 7920 \text{ часов}$$

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot n = 8,34 \cdot 7920 \cdot 1 = 66000 \text{ кг/год.}$$

6.2 Расчет годового фонда заработной платы персонала установки

На предприятиях химической промышленности в зависимости от условий труда и степени вредности производства длительность рабочего дня составляет 12 часов. Поэтому возникает потребность в организации постоянной работы. Для этого на заводе организована 2-х сменная работа и составляется график сменности, т.к. работает 4 бригады (А, Б, В, Г) с дополнительными днями отдыха.

Таблица 13 - График сменности рабочих

Смена	Время	Дни выходов																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	8-20	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А	
2	20-8	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	
Отсыпной			Г		В		Б		А		Г		В		Б		А		Г		
Выходной		В		Г		В		Г		В		Г		В		Г		В		Г	
		А	А	Б	Г	А	В	Б	Б	А	А	Б	Г	А	В	Б	Б	А	А	Г	Б

Из графика сменности можно рассчитать величину сменоборота:

$$T_{см-о} = a \cdot b, \quad (6.2.1)$$

где $T_{см-о}$ – длительность сменоборота;

a – количество бригад;

b – количество дней, в течение которых бригада работает одну смену.

$$T_{см-о} = 4 \cdot 2 = 8$$

Сменоборот позволяет нам определить количество выходных дней:

$$T_{вых} = \frac{T_{кал}}{T_{см-о}} \cdot n, \quad (6.2.2)$$

где $T_{вых}$ – количество выходных за год;

$T_{кал}$ – время календарное;

n – количество выходных за один сменоборот.

$$T_{вых} = \frac{365}{8} \cdot 2 = 91 \text{ дня}$$

Зная количество выходных за год, можно определить эффективное время работы за год:

$$T_{эфф} = T_{кал} - T_{вых} - T_{отп} - T_{нев}, \quad (6.2.3)$$

где $T_{эфф}$ - эффективное время рабочего.

$$T_{эфф} = 365 - 91 - 31 - 10 = 233 \text{ дня.}$$

Рассчитаем количество эффективного времени в часах:

$$T_{эфф} = 233 \cdot 12 = 2796 \text{ часов.}$$

Таблица 14 - Баланс времени одного среднесписочного рабочего на год при 12-ти часовом рабочем дне и 4-х бригадном графике

Показатели	Дней	Часов
1. Календарный фонд рабочего времени	365	4380
2. Нерабочие дни:		
Выходные	91	1092
3. Номинальный фонд рабочего времени	274	3288
4. Планируемые выходные:		
Отпуск	31	372
отпуск в связи с учебой без отрыва от производства	-	-
5. Эффективный фонд рабочего времени	233	2796

Произведем расчет фонда эффективного рабочего времени и определим заработную плату рабочих. Система оплаты труда основных рабочих повременно-премиальная. Годовой фонд заработной платы любой категории трудящихся можно рассчитать по формуле:

$$Z_{год} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6.2.4)$$

где $Z_{осн}$ - фонд заработной платы основных рабочих, руб.,

$Z_{доп}$, - фонд заработной платы дополнительных рабочих, руб.

Фонд основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{тар} + Пр + D_{н.вр} + D_{пр.дни}, \quad (6.2.5)$$

где $Z_{тар}$ – тарифный фонд заработной платы, тыс. руб;

$Пр$ – оплата премий, тыс. руб;

$D_{н.вр}$ – доплата за работу в ночное время, тыс. руб;

$D_{пр.дни}$ – доплата за работу в праздничные дни, тыс. руб;

Тарифный фонд заработной платы равен:

$$Z_{тар} = \sum Ч_{сн} \cdot T_{ст} \cdot T_{эф.раб}, \quad (6.2.6)$$

где $Ч_{сн}$ – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$T_{ст}$ – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Дополнительная зарплата ($Z_{доп}$):

$$Z_{доп} = (D_{н} \cdot Z_{осн}) / T_{эф.раб}, \quad (6.2.7)$$

где $D_{н}$ – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гособязанности).

Премии рассчитываются по формуле:

$$D_{прем} = 0,5 \cdot Z_{тар} \quad (6.2.8)$$

Доплата за работу в ночное время определяется по формуле:

$$D_{н.вр} = 0,4 \cdot T_{ст} \cdot t_{н.вр}, \quad (6.2.9)$$

где $t_{н.вр}$ – время ночной работы, которое для каждого рабочего в год составляет 1092 часа.

Доплата за работу в праздничные дни определяется по формуле:

$$D_{пр} = T_{пр} \cdot T_{ст} \cdot H_{яв}, \quad (6.2.10)$$

где $T_{пр}$ – количество часов, отработанных в праздник;

$H_{яв}$ – явочная численность рабочих.

Доплата за работу в ночное время осуществляется в размере 40% от тарифной ставки. Доплата за работу в праздничные дни - двойной тариф. Премииальные - 50% от тарифной ставки

Таблица 15 - Фонд заработной платы основных рабочих

Профес- сия	Раз- ряд	Тст руб/ч	Нсп чел	Тэф ч.	ЗТАР руб.	ДПРЕМ руб	ДНВ руб	ДПРАЗ руб	Зосн руб
Старший Операто р	6	85,42	4	2796	955337, 28	477668,6 4	932786,4	82003,2	2447795, 52
Операто р	5	55,48	8	2796	1240976, 64	620488,3 2	193869,31	106521,6	920879,2 3
ИТОГО									3368674, 75

Фонд заработной платы основных рабочих составил 3368674,75 руб. Труд инженерно-технического персонала оплачивается по месячным окладам в соответствии с принципами повременной оплаты труда.

6.3 Расчет затрат на производство продукции

6.3.1 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 планово-заготовительных цен.

Таблица 16 - Расчет годовой потребности в сырье, материалах и электроэнергии.

Наименование Сырья	Ед. Изм	Цена, руб.	Расход		Затраты, руб.	
			На ед. гот.прод.	На весь объем производства	На ед. гот.прод.	На весь объем производства
				66 т/год		66 т/год
1. Карбазол	т.	34000	0,241	15,9	8194	540804
2. Ацетон	т.	78360	0,376	24,8	29463	1944558
3. Этиленхл оргидрин	т.	12000 0	0,077	5	9240	609840
4. Гидроксид натрия	т.	45000	0,039	2,5	1755	115830
5. Электроэнергия	кВт/ч	5,4	12,79	1266,54	103,63	6840
Итого					48755,63	3217872

6.3.2 Расчёт стоимости основных производственных фондов и амортизационных отчислений от них

Производственные фонды представляют собой совокупность средств труда, необходимых для осуществления непрерывного процесса производства. Производственные фонды обслуживают производство в течение длительного времени, они участвуют в процессе производства продукции и переносят стоимость на готовый продукт по частям, по мере своего износа и не меняют своей натуральной формы.

Оборотные фонды в химической промышленности составляют 20 -25% от основных фондов.

Таблица 17 - Стоимость основных фондов.

Наименование	Стоимость, руб.	Нормы амортизации	Годовые амортизационные отчисления, руб
Здания	70000000	5	3500000
Машины и оборудование	61 000 000	15	9150000
Приборы КИП и А, лабораторное оборудование	52 500 000	10,3	5407500
Инвентарь и инструменты	10 000 000	1,6	160000
Итого	193 500 000		18217500

Амортизационные отчисления от зданий:

$$A_{год} = 70000000 / 100 \cdot 5 = 3500000$$

От машин и оборудования:

$$A_{год} = 61000000 / 100 \cdot 15 = 915000$$

От приборов КИП и А и лабораторий:

$$A_{год} = 52500000 / 100 \cdot 10,3 = 5407500$$

От инвентаря и инструментов:

$$A_{год} = 1000000 / 100 \cdot 1,6 = 160000$$

Итого: $A_{год} = 18217500$

Таблица 18 - Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства (Q)

Наименование затрат	Единицы изм.	Сумма на 1 т, руб.	Сумма затрат на производство 66 т, руб
1. Сырье	Руб.	48652	3211032,00
2. Энергия на технологические цели		103,63	6840,00
3. Заработная плата основных работающих		51040,53	3368674,75
3.1 Отчисления на социальные нужды основных рабочих		15312,16	1010602,56
Итого условно-переменных издержек		115108,32	7597149,12
4. Общепроизводственные расходы			
Амортизация		289,17	19085,00
Ремонты		8,68	573,00
Итого условно-постоянных издержек		297,85	19658,00
Цеховая себестоимость		50033,23	3302193,00
5. Управленческие расходы (5% к цеховой себестоимости)		2501,66	165110,00
Заводская себестоимость		52534,89	3467303,00
6. Коммерческие расходы (1% к заводской себестоимости)		525,35	34673,00
Полная себестоимость		53060,24	3501976,00
Условно - постоянные издержки		823,2	54331,00
Условно - переменные издержки		52162,20	3442705,2

6.4 Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \cdot (1 + P / 100), \quad (6.4.1)$$

где C – полная себестоимость единицы готовой продукции;
 P – рентабельность продукции (%).

Рентабельность продукции можно принять от 10% до 25%.

$$Ц = 53060,24 \cdot (1 + 10 / 100) = 58366,26 \text{ руб.}$$

$$B_{\text{реал.}} = 3852173,16 \text{ руб.}$$

6.5 Анализ безубыточности

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

$$B_{np} = ИЗД_{\text{пост}} + ИЗД_{\text{пер}} \quad (6.5.1)$$

Определение точки безубыточности:

1. Аналитическим способом:

$$Q_{kp} = \frac{ИЗД_{\text{пост}}}{Ц_{г.п.} - ИЗД_{\text{пер/г.п.}}} \quad (6.5.2)$$

где $Ц_{гн}$ - цена единицы готовой продукции (1 тонны);

$ИЗД_{\text{пер/гн}}$ - удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 тонну).

$$Q_{kp} = \frac{54331}{58366,26 - 52162,20} = 8,8m / год$$

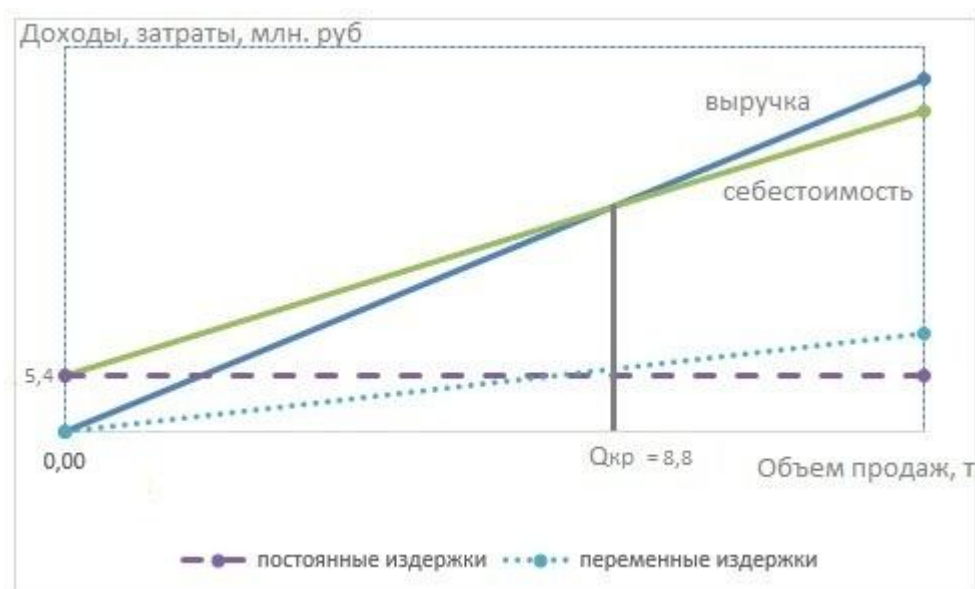


Рисунок 10. График безубыточности при производстве 66 тонн 9-этоксикарбазола в год

6.6 Определение технико-экономических показателей

Таблица 19 - Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Плановый год
Объем производства	т.	66
Объем продаж	т.	66
Цена за тонну	руб.	58 366,26
Выручка от продажи	руб.	3852173,16
Суммарные издержки,	руб.	3501976,00
в т.ч переменные издержки	руб.	3442705,2
в т.ч. постоянные издержки	руб.	54331,00
Операционная прибыль	руб.	3501976,00
Налог на прибыль (20%)	руб.	700395,2
Чистая прибыль	руб.	2801580,8
Себестоимость 1 тонны продукции	руб.	53 060,24
Среднегодовая стоимость основных средств	руб.	193 500 000,0
Численность основных рабочих	чел.	12

Фондовооруженность	руб/чел	16 125 000,0
Фондоотдача (объём выпущенной товарной продукции / Среднегодовая стоимость основных средств)	руб/руб	19,0
Фондоёмкость (показатель обратный фондоотдаче)		0,053
Рентабельность производства	%	7,99
Рентабельность продаж	%	7,27
Qкр. (критический объем продаж)	т.	8,8
Qкр. (критический объем продаж)	руб.	513623,00

Заключение об экономической эффективности

В результате проведенных расчетов было установлено, что проектируемое производство является экономически эффективным. Рентабельность продукции составила 7,27 %, безубыточный объем производства – 8,8 тонн в год.