

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

Институт Природных ресурсов
Направление подготовки Химическая технология
Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект узла синтеза стирола

УДК 678.746.222.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д12	Трубачёв К.Ю.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Троян А. А.	К. х. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина А.А.	К.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юсубов М.С.	К.х.н профессор		

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

Институт Природных ресурсов

Направление подготовки Химическая технология органических веществ

Уровень образования бакалавр

Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

Период выполнения _____

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15 июня 2016 г.
--	-----------------

Дата контроля	Название раздела / вид работы	Максимальный балл раздела
	1. Обзор литературы: 1.1. Назначение процесса дегидрирования 1.2. Конструктивные типы аппаратов 1.3. Технологическое оформление процесса 2. Объекты и методы исследования 2.1. Общая характеристика установки 2.2. Характеристика продукта и сырья	10
	2.3. Физико-химические основы процесса 2.4. Описание технологической схемы процесса	10
	3. Расчеты 3.1. Материальный баланс 3.2. Тепловой баланс 3.3. Технологический расчет аппарата 3.4. Гидравлический расчет аппарата 3.5. Механический расчет аппарата 3.6. Подбор вспомогательного оборудования	20
	4. Результаты разработки 4.1. Ежегодные нормы расхода сырья и материалов 4.2. Ежегодные нормы образования отходов 4.3. Нормы технологического режима 4.4. Контроль производства и управление технологическим процессом	10
	5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
	6. Социальная ответственность	10
14.04.15-14.05.15	7. Выполнение графической части	20
15.05.15-15.06.15	8. Оформление ВКР	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Троян А.А.	к.х.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	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 природных ресурсов

Направление Химическая технология

Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Юсубов

М.С.

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д12	Трубачёв К.Ю.

Тема работы:

Проект узла синтеза стирола
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы	
---	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Производительность тонн в год – 350000 2. Состав сырья- этилбензол 3. Продукт – стирол 4. Продолжительность процесса – непрерывный 5. Годовой фонд рабочего времени –7900ч
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Литературный обзор. 2. Объекты и методы проектирования. 3. Практическая часть 4. Результаты разработки. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1. Технологическая схема. 2. Реактор. Вид общий. 4. Реактор. Сборочные единицы.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сечина А.А.
Социальная ответственность	Гусельников М.Э.

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.04.2016
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Троян А.А.	К.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д12	Трубачёв К.Ю.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО

Институт	Природных Ресурсов	Кафедра	Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.04.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина А.А.	К.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2Д12	Трубачёв К.Ю.		

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

Институт	Природных ресурсов
Направление подготовки (специальность)	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов
Период выполнения	

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д12	Трубачёв К.Ю.

Тема работы:

Проект узла синтеза стирола	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

<i>Бакалаврская работа</i> (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	– Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды – Микроклимат – Освещение – Вредные вещества – Шумы вибрация – Произведен расчет вентиляции помещения – Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды – электробезопасность – пожаровзрывобезопасность – Охрана окружающей среды: – анализ воздействия объекта на атмосферу; – анализ воздействия объекта на гидросферу; – анализ воздействия объекта на литосферу; – Защита в чрезвычайных ситуациях: – Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны специальные правовые
Перечень графического материала	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.04.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д12	Трубачёв К.Ю.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 99 с., 5 рис., 21 табл., 19 литературных источников.

Ключевые слова: этилбензол, стирол, дегидрирование, реактор дегидрирования, парафины.

Объектом исследования является проект узла синтеза стирола.

Цель работы – производство стирола путем дегидрирования этилбензола.

В процессе исследования проведены работы по выбору метода технологии получения стирола; конструкции аппарата; произведены материальные, тепловые, гидравлические и механические расчеты; рассчитаны экономические затраты и определены нормы безопасности с учетом специфики производства; выполнены чертежи технологической схемы и основного аппарата.

В процессе исследования:

- спроектирована установка каталитического дегидрирования этилбензола в стирол;
- подобран стандартный реактор, определены нормы технологического режима и образования отходов производства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: производительность установки по основному продукту – 350000 т/год.

Результаты данной выпускной квалификационной работы могут быть использованы в качестве теоретической основы для проектирования иных производств органических веществ.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. ГОСТ 12.1.003 – 83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
4. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.
5. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
7. СНиП 23 – 05 – 95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. М.: Минстрой России, 1995.
8. СНиП II – 12 – 77. Защита от шума.
9. ППБ 01 – 03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.
10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. 123 – ФЗ. 2013.
11. ГН 2.2.5.1313. – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1998.
12. ГН 2.1.6.1339-03 Гигиенические нормативы «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».
13. СИ 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». ПОТ РО 14000-001-98 «Правила труда на предприятиях и в организациях машиностроения».

15. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е издание.

Введение

В числе процессов нефтехимической промышленности немало важное место занимают процессы каталитического дегидрирования парафиновых, олефиновых, алкилароматических углеводородов с целью получения мономеров, применяемых главным образом при производстве синтетических каучуков.

Самыми главными мономерами являются бутадиен и изопрен. Стирол и α -метилстирол используются в качестве дополнительных мономеров при производстве синтетических каучуков общего назначения. Большое количество стирола идет на производство полистирола. Быстрое развитие промышленности синтетического каучука обусловлено наличием дешевой и доступной сырьевой базы, возможностью организации производства практически в любом промышленно-развитом районе, разработка новых прогрессивных технологических процессов, широким ассортиментом и неограниченными областями использования каучуков. Поэтому производство мономеров для получения синтетических каучуков приобретает все наибольшее предназначение. Помимо использования стирола в качестве мономера в промышленности синтетических каучуков он широко используется в ряде других отраслей промышленности: пластических масс, лакокрасочной, химико-фармацевтической и т.п. В настоящее время составляет около 11 млн. т. в год.

Основную часть этилбензола получают алкилированием бензола этиленом.

За рубежом дегидрированием этилбензола вырабатывают 90% общей массы стирола, в нашей стране - 84%. Остальное количество стирола получают по гидроперекисной технологии.

На производство стирола расходуется свыше 7% произведенного в мире этилена. Мощность по производству полистирола составляет в Западной Европе 2,4 млн. т. /год.

Объем производства полистирола около 12% мирового производства пластмасс.

1.ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

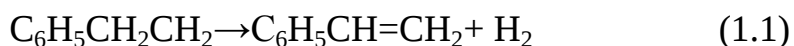
1.1 Общие сведения о процессах дегидрирования

Процесс дегидрирования - это химические процессы, связанные с отщеплением атома водорода от органического соединения.

Эти процессы имеют огромное значение в промышленности. Дегидрированием получают насыщенные соединения, представляющие в качестве мономеров для производства синтетического каучука, пластических масс и ионообменных смол (например, бутадиен-1,3, изопрен, стирол), а также альдегиды и кетоны (формальдегид, ацетон, метилэтилкетон).

Все реакции процесса дегидрирования протекают с поглощением тепла, то есть они являются эндотермическими. Важной особенностью всех реакций дегидрирования является их обратимость. Очевидно, что смещению равновесия в сторону образования продуктов при дегидрировании способствует повышение температуры. Поэтому процессы дегидрирования необходимо проводить при относительно высокой температуре, которая для различных процессов меняется от 200 до 600-650°C.[1]

Дегидрирование этилбензола в стирол протекает по реакции:



Реакции – эндотермическая и протекает с увеличением объема. Соответственно с повышением температуры и снижением парциального давления углеводорода увеличивается степень превращения этилбензола в стирол.

При давлении 0,1 МПа зависимость температуры от степени превращения представлена в таблице 1.1 .

Таблица 1.1 – Зависимость температуры от степени превращения этилбензола в стирол

Температура, К	Равновесная степень превращения
700	0,055
800	0,21
900	0,53

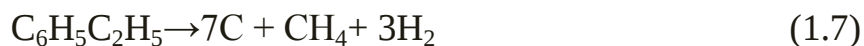
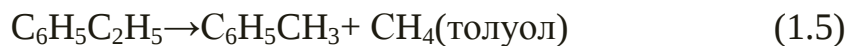
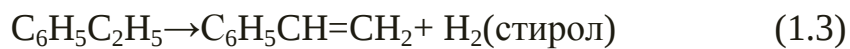
Для увеличения глубины превращения сырье разбавляют водяным паром, что эквивалентно снижению давления реагирующей смеси.

Так, при 900 К равновесная степень дегидрирования этилбензола в стирол в зависимости от разбавления водяным паром представлена в таблице 1.2:



Таблица 1.2 – Зависимость мольного соотношения от степени дегидрирования

Мольное соотношение	Равновесная степень дегидрирования
0	0,53
5	0,77
10	0,85
20	0,9



1.2. Конструктивные типы аппаратов

В промышленности процесс дегидрирования этилбензола проходят в реакторах двух типов – трубчатых и шахтных.

В реакторах первого типа катализаторы загружают в трубы хромо-никелевой стали, диаметр которых не превышает 200 мм. Железо ускоряет реакции расщепления углеводородов, поэтому для уменьшения отложений сажи и смол на внутренних стенках трубы бывают выложены сплавом меди и марганца[2].

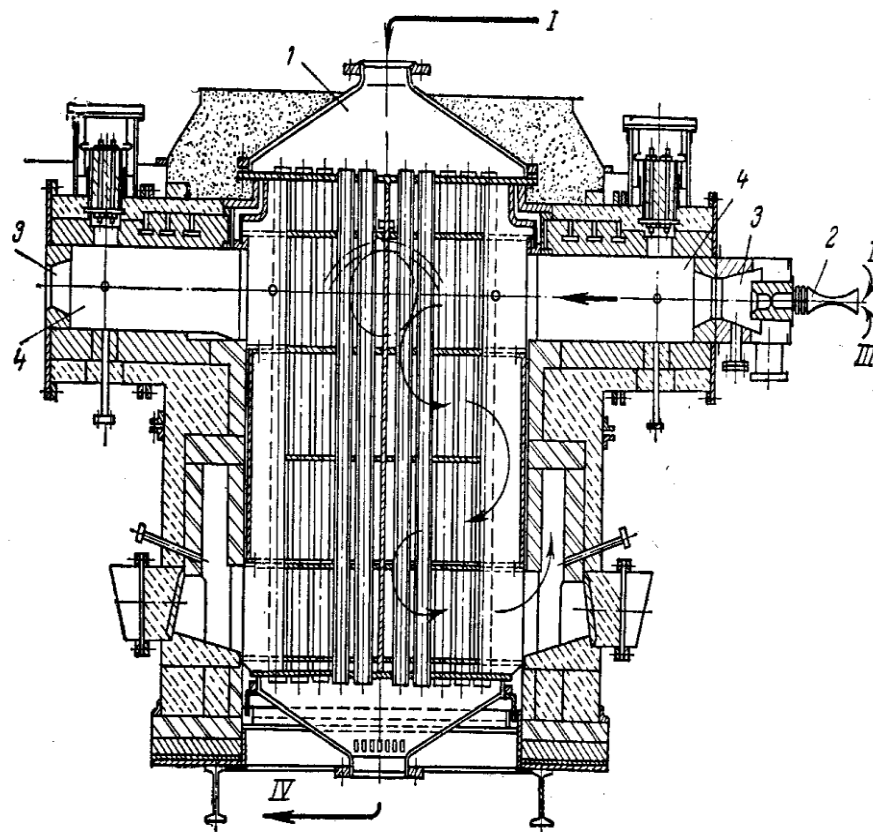
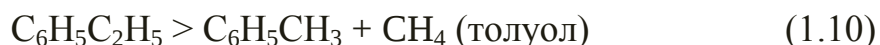
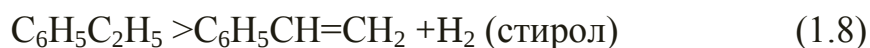


Рисунок 1.2 – Трубчатые реакторы

Процесс дегидрирования проходит при температуре 600°C. Трубы обогревают дымовыми газами, проходящими через межтрубное пространство. Для более равномерное обогрева труб топливо сжигается в двух топочных камерах реактора.

Дегидрирование проходит в присутствии водяного пара. Время контакта 0,6 секунд. В продуктах реакции содержится: 0,8% бензола, 1,1% толуола, 58—60% непрореагировавшего этилбензола, 38—40% стирола и ~0,9% высококипящих веществ.

Побочные продукты образуются в результате следующих реакций:



Кроме того, в результате свободнорадикальных реакций, протекающих в пространстве между зернами катализатора, образуются изопропилбензол и метилстирол, следы бутилбензола, дифенилэтан и стильбен.

Несмотря на протекание побочных реакций, выход стирола составляет более 90% (расчет на прореагировавший этилбензол); за один проход через контактную массу превращению подвергается 40% этилбензола.

Ко второму типу аппаратов относятся шахтные адиабатические реакторы. Аппарат цилиндрической формы изготовлен из стали и футерован изнутри огнеупорным кирпичом. В верхнюю часть аппарата вмонтированы люк для загрузки катализатора, смеситель и распределитель паров по сечению аппарата. Реактор загружают керамическими кольцами Рашига и катализатором. Для облегчения замены отработанного катализатора свежим в аппарат вставлен металлический полый конус; при подъеме конуса катализатор и насадочные кольца высыпаются через нижний люк. Стенки

конуса перфорированы для прохождения паров и газов. Загрузка колец и катализатора производится через верхний люк; конус предварительно опускают вниз для перекрытия выгрузного отверстия [3].

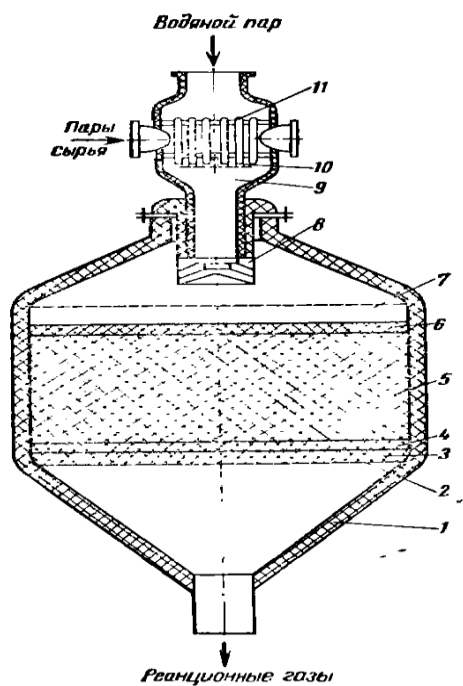


Рисунок 1.3 – Шахтные адиабатические реакторы

К достоинствам адиабатического реактора можно отнести простоту конструкции и высокую производительность.

Основные недостатки адиабатических реакторов:

- а) большой расход пара, который в адиабатических реакторах служит не только разбавителем, но и теплоносителем;
- б) из-за значительного перепада температур по высоте слоя катализатора показатели процесса в адиабатических реакторах ниже

чем в трубчатых, где условия процесса приближаются к изотермическим;

в) недостаточно равномерное распределение потока паровой смеси по сечению аппарата, особенно заметное при большом диаметре реактора.

1.3. Технологическое оформление процесса дегидрирования этилбензола в стирол

Процесс дегидрирования алкилбензолов можно выполнить разными способами.

Один из вариантов - трубчатый реактор, обогреваемый топочным газом, который изображен на рисунке 1.1 а. Его достоинства - близкий к изотермическому профилю температуры, что позволяет получать высокую степень конверсии при хорошей селективности. На такой вариант трубчатых реакторов высокие металлоемкость и капитальные затраты.

Другой вариант аппаратов – со сплошным слоем катализатора, не имеющих поверхность теплообмена (рисунке 1.1 б). Они работают в адиабатических условиях, и реакционная смесь постепенно охлаждается. Водяной пар играет роль аккумулятора тепла, не давая смеси охладиться.

При получении стирола в единичном адиабатическом реакторе обычная степень конверсии этилбензола составляет около 40% с изменением температуры на входе и выходе из слоя катализатора от 600 – 620°С до 540 - 570°С при объемной скорости по жидкому этилбензолу 0,2-0,3 ч⁻¹.

Недостатки такого единичного реактора – существенное охлаждение смеси, вызывающее смещение в нежелательную сторону и зависящую от этого снижение скорости и селективности. Степень конверсии нельзя довести до значительной величины, и это повышает расход пара.

На совершенно новых установках применяют другие конструкции реакционного узла, приближающие процесс к изотермическому. В одном из узлов (рисунке 1 в) имеются два реактора или два слоя катализатора;

охлаждающую в первом аппарате смесь до подачи во второй подогревают перегретым паром до 600- 630°C[4].

Реактор, изображенный на рисунке 1.1 г, имеет два - три кольцевых слоя катализатора, причем в первый слой поступает весь этилбензол, но лишь часть водяного пара. В пространство между слоями катализатора подают дополнительное количество перегретого пара; с его помощью повышается температура смеси, происходит ступенчатое разбавление смеси, что приводит к отклонению ее параметров от равновесного состояния и способствует росту скорости и селективности реакции. В этих новых установках при сохранении высокой селективности (89 - 90%) достигаются большие степени конверсии (60 - 75%) и интенсивность процесса (объемная скорость 0,5 - 0,6 ч⁻¹). Снижается удельный расход пара.

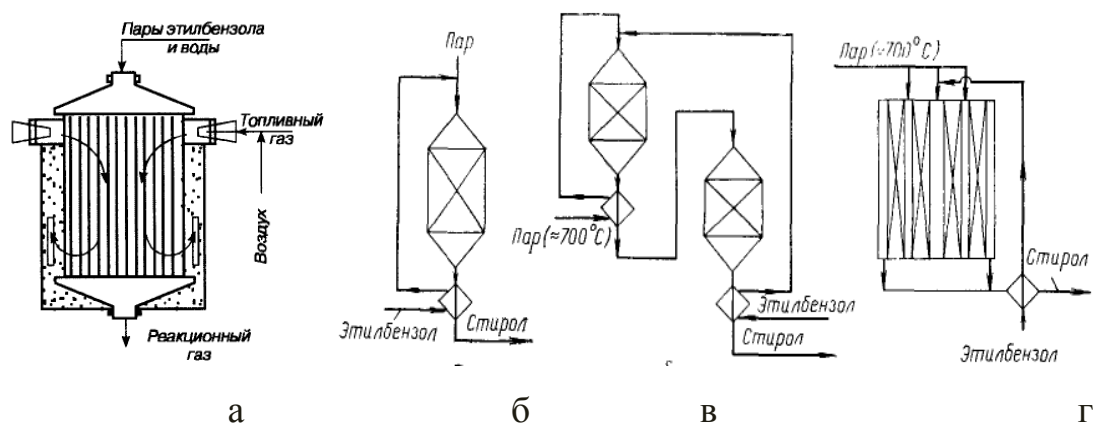


Рисунок 1.1 – Реакционные узлы для дегидрирования этилбензола:

а - трубчатый реактор; б - единственный реактор адиабатического типа;

в - узел из двух реакторов с промежуточным подогревом смеси;

г - реактор с несколькими слоями катализатора и секционированной подачей перегретого пара

2.ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика производства

В технологической части произведён расчёт основных аппаратов - реакторов дегидрирования (материальные расчеты, тепловые расчеты,

основные размеры). Произведен расчет и подбор вспомогательного оборудования, а также приведено обоснование выбора технологической схемы.

Расходы на эксплуатацию узла каталитического дегидрирования складываются из расходов на сырье и энергоресурсы, на замену катализатора, персонал, из расходов по уходу за оборудованием и на его ремонт, на амортизацию. Основные эксплуатационные расходы при выпуске стирола распределяются примерно следующим образом: исходное сырье 90-95%, энергетические расходы 5-10% и замена катализатора около 5%. Распределение капиталовложений следующее: около 80% на оборудование и до 20% на загруженный в систему катализатор.

Значительно улучшить использование энергетического потенциала процесса можно в энерготехнологической системе. Пример такой системы в производстве стирола интересен тем, что он вытекает из физико-химического анализа условий реакции дегидрирования. Разбавление этилбензола водяным паром преследует две цели: сдвинуть равновесие реакции вправо и создать условия непрерывной регенерации катализатора. Сам же водяной пар в реакции не участвует; его приходится получать испарением воды и потом отделять от продуктов реакции конденсацией. Несмотря на регенерацию тепла потоков, испарение и нагрев, охлаждение и конденсация - процессы в производстве термодинамически необратимые, и энергетический потенциал используется далеко не полностью[5].

Такое же влияние на процесс, как и водяной пар, может оказать и другой компонент, например CO_2 . Он инертен в реакции, т. е. может быть разбавителем, и способствует регенерации катализатора, взаимодействуя с углистыми отложениями. Получают CO_2 сжиганием топливного газа. Продукты горения являются энергоносителем. Это дополнительное свойство разбавителя позволяет создать энерготехнологическую схему производства стирола.

Природный газ сжигают в печи, а горючие газы, образующиеся в технологическом процессе, - в каталитическом реакторе-окислителе. Образующаяся смесь газов с температурой 1050°C направляется в газовую турбину для привода компрессора и выработки энергии. Далее газы с температурой 750°C смешиваются с этилбензолом и направляются в реакционный узел, состоящий из двух реакторов. Разбавление этилбензола такое же, как в традиционном процессе с паром. Промежуточный нагрев реагирующей смеси осуществляют в теплообменнике 5 горячими газами. Образующиеся продукты направляются в систему сепарации. В системе сепарации горючие газы возвращаются в энергоузел системы, а углеводородная смесь направляется на ректификацию. В энерготехнологической схеме есть еще ряд узлов - для нагрева этилбензола, воздуха, топливного газа, использующих тепло нагретых потоков. Последние необходимы, чтобы сбалансировать тепловые потоки всей ХТС. Данный метод получения стирала дегидрированием этилбензола позволяет увеличить энергетический КПД почти вдвое - до 70%[6].

2.2 Характеристика продукта и сырья

2.2.1 Характеристика продукта

Стирол (винилбензол, фенилэтилен) - $C_6H_5-CH=CH_2$ один из важнейших мономеров - применяется в промышленности синтетических каучуков, латексов, в промышленности пластических масс для получения полистирола, а также в лакокрасочной, химико-фармацевтической и других отраслях промышленности.

Стирол представляет собой бесцветную прозрачную жидкость (Ткип 145,2°C при 0,1 МПа) сильно преломляющую свет с характерным запахом.

Смешивается во всех отношениях с метиловым и этиловым эфиром, бензолом, толуолом, четыреххлористым углеродом.

Стирол является хорошим растворителем для многих соединений. В воде он растворяется плохо[7].

Стирол характеризуется высокой реакционной способностью. На воздухе легко окисляется с образованием альдегидов и кетонов, придающих ему неприятный запах. При нагревании или под влиянием инициаторов стирол полимеризуется с образованием твердого полимера - полистирола.

Полистирол обладает хорошими электроизоляционными свойствами и большой химической стойкостью. Он применяется для изготовления деталей электро- и радиотехнической аппаратуры, пенопластов, пластмассовых изделий общего назначения.

Широко используются сополимеры стирола с акрилонитрилом, дивинилбензолом, N-винилкарбозолом.

При хранении и транспортировке стирола его заправляют ингибитором (гидрохиноном, диоксил-п-хиноном и др.) Стирол горюч. Пределы взрывоопасности с воздухом 1,1 - 5,2% (об).

Токсичен, предельно допустимая концентрация стирола в воздухе производственных помещений 5 мг/м³.

В последние годы все больше значения в промышленности приобретают процессы совместного производства стирола с окисью пропилена через стадию окисления этилбензола до гидроперекиси и окислительного дегидрирования этилбензола[8].

2.2.2 Характеристика сырья

Этилбензол $C_6H_5CH_2CH_3$ - бесцветная, прозрачная, горючая жидкость с запахом, напоминающим запах бензола.

Смешивается с бензолом, толуолом, гексаном, петролейным эфиром, хлороформом, четыреххлористым углеродом и многими другими органическими растворителями.

Практически не растворим в воде (0.014% по массе при 15°C).

Обладает свойствами органических соединений.

Взаимодействие с галогенами Cl_2 и Br_2 в газовой фазе при повышенных температурах или при освещении протекает по свободно-радикальному механизму с образованием 1-галогенэтил- и 2-галогенэтилбензолов.

Этилбензол дегидрируется $580\text{-}650^\circ\text{C}$ в вакууме в присутствии катализатора (Fe_2O_3 , промотированный CrO_3 , либо V_2O_5 , либо KOH), превращаясь в стирол[8].

Процесс превращения эндотермичен ($\Delta H=124\text{KJ/mol}$).



Получение

Этилбензол содержится в незначительных количествах в сырой нефти и продуктах каталитического риформинга нефтяных фракций, однако в промышленных масштабах его получают путем алкилирования бензола этиленом. Реакцию проводят при температуре $400\text{-}450^\circ\text{C}$ в присутствии хлорида алюминия AlCl_3 в качестве



Побочными продуктами этой реакции являются диэтилбензолы и триэтилбензолы, от которых целевой продукт отделяют при помощи дистиляции.

Применение:

- получения стирола путем дегидрирования;
- как неполярный растворитель, в том числе для красок;
- парфюмерная промышленность (для синтеза α -фенилэтанола);
- в качестве высокооктановой добавки к моторному топливу. В последнее время в этом качестве практически не используется, поскольку при его сгорании образуется значительное количество смол[9].

2.3 Исследование физико-химических основ процесса дегидрирования этилбензола в стирол

Стирол получают каталитическим дегидрированием этилбензола с последующей ректификацией продуктов дегидрирования для выделения стирола с содержанием основного вещества не менее 99,8 %.

Дегидрирование этилбензола осуществляется в присутствии водяного пара на катализаторе, содержащем оксид железа и небольшое количество соединений калия, рубидия, циркония. Водяной пар вводится для снижения парциального давления процесса, что способствует сдвигу равновесия реакции в сторону образования стирола, сокращению побочных реакций на поверхности катализатора.

Дегидрирование этилбензола до стирола представляет собой обратимую эндотермическую гетерогенную каталитическую реакцию, описываемую уравнением:

Реакция катализируется оксидами и сульфидами металлов восьмой группы периодической системы. В промышленности обладают достаточной активностью в реакции дегидрирования и имеют селективность по стиrolу до 90% [10].

Энергия активации реакции дегидрирования составляет 152 кДж/моль, поэтому скорость ее сильно зависит от температуры. Это также указывает на то, что реакция протекает в кинетической области.

Реакция протекает с поглощением тепла и увеличением объема газообразных продуктов. Следовательно, сдвигу равновесия вправо способствует повышение температуры и понижение давления — общего и парциального этилбензола. Так, например, при температуре 595°C равновесная степень превращения этилбензола при давлении 0,1 МПа равна 0,4, а при давлении 10 кПа — 0,8. Вследствие этого процесс дегидрирования этилбензола проводится при температуре 600°C и общем давлении 0,1 МПа, что соответствует парциальному давлению этилбензола около 10 кПа.

Понижение парциального давления этилбензола при заданной степени конверсии позволяет также вести процесс дегидрирования при более низкой температуре[10].

Для снижения парциального давления этилбензола в реакционную смесь вводят перегретый водяной пар в массовом отношении к этилбензолу 2,5:1. Пар, одновременно, играет роль теплоносителя, обеспечивая приток тепла для осуществления эндотермической реакции.

Реакция дегидрирования этилбензола на железоксидных катализаторах сопровождается побочными реакциями деструкции (крекинга) этилбензола и взаимодействия их продуктов, приводящими к образованию бензола, толуола, а также метана, этана и оксидов углерода, переходящих в газ[10].

2.4 Описание технологической схемы процесса

На рисунке 2.1 приведена технологическая схема дегидрирования этилбензола. Исходный этилбензол смешивается с рецикловым с установки ректификации и с водяным паром и испаряется в теплообменнике 2. Пары перегреваются в теплообменнике 4 до 500 - 520°C. Испаритель 2 обогревается дымовыми газами, а перегреватель 4 - контактным газом, выходящим из реактора 3. Пары алкилбензола и воды смешивают перед реактором с перегретым водяным паром с температурой 700-730 °C. Перегретый пар генерируется в пароперегревательной печи 1, где сжигаются топливо из заводской сети и водородсодержащий газ из отделения дегидрирования[11].

Температура смеси на входе в слой катализатора 600-640°C, на выходе она понижается на 50-60°C вследствие протекания эндотермической реакции дегидрирования. Тепло контактных газов последовательно рекупируется в теплообменнике 4 и котле-утилизаторе 5. Насыщенный водяной пар из котла-утилизатора используется для разбавления этилбензола.

Охлаждение и конденсация воды и углеводородов из контактного газа проходит в воздушном холодильнике 7 и далее - в водяном и рассольном конденсаторах (на схеме не показаны). В сепараторе 8 отделяются газообразные продукты реакции как горючие ВЭР. Углеводороды отделяют от воды в разделителе фаз 9 и направляют на ректификацию[10].

The diagram illustrates a chemical process for producing hydrogen and methane. It features several numbered components and labeled streams:

- 1**: A combustion chamber where **Воздух** (air) and **Топливный газ** (fuel gas) are burned.
- 2**: A pump or compressor that draws in **ЭБ** (electronic gas) and **Пар с ТЭЦ** (steam from a power plant) and feeds it into the system.
- 3**: A vertical reactor column where the gas mixture from the combustion chamber and the steam from the power plant interacts.
- 4**: A pump or compressor at the bottom of the reactor column.
- 5**: A motor or pump that recycles **Н₂O (рецикл)** (water) from the bottom of the column back to the combustion chamber.
- 6**: A separator or storage tank for the gas stream.
- 7**: A heat exchanger or separator for the **Газ** (gas) stream.
- 8**: A vertical separator where **Н₂, CH₄** (hydrogen and methane) are collected at the top.
- 9**: A vertical separator for **Углеводородный конденсат** (hydrocarbon condensate), with **Водный конденсат** (water condensate) being removed from the bottom.

1 - пароперегревательная печь; 5 - подогреватель воды;
2 - испаритель этилбензола; 6 - пенный аппарат;
3 - реактор дегидрирования; 7 - воздушный холодильник;
4 - подогреватель этилбензола; 8- сепаратор;
9 - разделитель фаз.

Потоки:

ЭБ - этилбензол (свежий рецикл);

H₂, CH₄ - горючие газы в топливную сеть;

ДГ - дымовые газы; К - конденсат;

ПД - продукты дегидрирования.

Углеводородный конденсат содержит следующие продукты реакции представленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 –Продукты реакции углеводородного конденсата

Продукт реакции	Содержание ,%	T _{кип} , К
Бензол (Б)	2	80,1
Толуол (Т)	2	110,6
Этилбензол (ЭБ)	38	136,2
Стирол (Ст)	58	146,0

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Анализ эффективности действующего производства

5.1.1 Расчёт производственной мощности

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 общая остановка на капитальный ремонт.

Расчет производственной мощности осуществляется по формуле:

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot n, \quad (5.1)$$

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

$P_{\text{час}} = 44303,80$ кг/ч, таблица 6;

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

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

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{эфф} = T_{ном.} - T_{ппр}, \quad (5.2)$$

где $T_{ном.}$ - номинальный фонд работы оборудования, 8660 ч;

$T_{ппр}$ - время затрачиваемое на капитальный ремонт, 760ч.

$$T_{эфф} = 8660 - 760 = 7900 \text{ часов}$$

$$M = P_{ч} \cdot T_{эфф} = 44303,80 \cdot 7900 = 350000000 \text{ кг/год}$$

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты. Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен

$$K_{экс} = T_{эфф} / T_{н}. \quad (5.3)$$

$$K_{экс} = 7900 / 8660 = 0,91$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен

$$K_{инт} = Q_{пп} / Q_{max} \quad (5.4)$$

где $Q_{пп}$ - производительность единицы оборудования в единицу времени;

Q_{max} - максимальная производительность в единицу времени.

$$K_{инт} = 5445 / 5500 = 0,99$$

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{им.} = K_{экс} \cdot K_{инт}, \quad (5.5)$$

$$K_{им.} = 0,91 \cdot 0,99 = 0,9$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ($N_{год}$):

$$N_{год} = K_{им.} \cdot M, \quad (5.6)$$

$$N_{год} = 0,9 \cdot 390000000 = 350000000 \text{ кг/год}$$

Вывод: по результатам расчета производственная мощность загружена на 90%.

5.1.2 Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

Явочная численность:

$$N_{\text{яв}} = N_{\text{обсл}} \cdot K \cdot S, \quad (5.7)$$

где K - число аппаратов, которые необходимо обслужить, 4 шт;

S - число смен в сутки при установленном режиме работы;

$N_{\text{обсл}}$ - коэффициент обслуживания основных аппаратов.

$$N_{\text{яв}} = 0,7 \cdot 4 \cdot 2 = 6 \text{ человек.}$$

Штатная численность:

$$N_{\text{шт}} = N_{\text{яв}} \cdot T_{\text{кал}} / T_{\text{ном}} \quad (5.8)$$

$$N_{\text{шт1}} = 6 \cdot 365 / 183 = 12 \text{ человек.}$$

Списочная численность:

$$N_{\text{сп}} = N_{\text{шт}} \cdot T_{\text{ном}} / T_{\text{эф}} \quad (5.9)$$

$$N_{\text{сп1}} = 6 \cdot 183 / 152 = 7 \text{ человек.}$$

Сумма основных рабочих на установках - 12 человек.

Сумма вспомогательных рабочих - 2 человек.

Сумма служащих, ИТР - 4 человек.

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 5.1 – 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	А	А	Г	Б	Г	В	В	Г	Б	В	А	А	Б	Г	В	В	Г	Б	Б	В	А	А	Б
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Из графика сменности можно рассчитать величину сменоборота:

$$T_{\text{см-о}} = a \cdot b, \quad (5.10)$$

где $T_{\text{см-о}}$ —длительность сменоборота;

a — количество бригад;

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

$$T_{\text{см-о}} = 4 \cdot 1 = 4 \text{ дней}.$$

Сменоборот позволяет нам определить количество выходных дней:

$$T_{\text{вых}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{см-о}}} \cdot n, \quad (5.11)$$

где $T_{\text{вых}}$ — количество выходных за год;

$T_{\text{кал}}$ — время календарное;

n — количество выходных за один сменоборот.

$$T_{\text{вых}} = \frac{365}{4} \cdot 2 = 182 \text{ дня}$$

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

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{отп}} - T_{\text{нев}}, \quad (5.12)$$

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

$$T_{\text{эфф}} = 365 - 182 - 31 - 10 = 142 \text{ дня}.$$

Рассчитаем количество эффективного времени в часах:

$$T_{\text{эфф}} = 142 \cdot 12 = 1704 \text{ часов}.$$

Таблица 5.2-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	182	2184
3. Номинальный фонд рабочего времени	183	2196
4. Планируемые выходные:		
отпуск	31	372
отпуск в связи с учебой без отрыва от производства	-	-

5. Эффективный фонд рабочего времени	152	1824
--------------------------------------	-----	------

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:

$$З_{\text{Год}} = З_{\text{ОСН}} + З_{\text{ДОП}}, \quad (5.13)$$

где $З_{\text{ОСН}}$ - фонд заработной платы основных рабочих, руб.,

$З_{\text{ДОП}}$ - фонд заработной платы дополнительных рабочих, руб.

Фонд основной заработной платы определяется по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{тар}} + \text{Пр} + Д_{\text{н.вр}} + Д_{\text{пр.дни}}, \quad (5.14)$$

где $З_{\text{тар}}$ – тарифный фонд заработной платы, тыс. руб;

Пр– оплата премий, тыс. руб;

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

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

Тарифный фонд заработной платы равен:

$$З_{\text{тар}} = \sum Ч_{\text{сп}} \cdot Т_{\text{ст}} \cdot Т_{\text{эф.раб}}, \quad (5.14)$$

где $Ч_{\text{сп}}$ – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$Т_{\text{сп}}$ – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Дополнительная зарплата ($З_{\text{ДОП}}$):

$$З_{\text{ДОП}} = (Д_{\text{н}} * З_{\text{ОСН}}) / Т_{\text{ЭФ}}, \quad (5.15)$$

где $Д_{\text{н}}$ – количество дней невыхода на работу по планируемым причинам (отпуск, ученические, гособязанности).

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

Таблица 5.3 – Фонд заработной платы основных рабочих

Профес сия	Раз- ряд	Т _{СТ} руб/ч	Н _{СП} чел	Т _{ЭФ} ч.	З _{ТАР} т.руб.	Д _{ПРЕМ} т.руб	Д _{НВ} Т.руб	Д _{ПРАЗ} Т.руб	З _{ОСН} Т.руб
старший оператор	6	85,42	4	1824	623,224	311,612	45,362	16,061	996,260
Оператор	5	55,48	8	1824	809,564	242,869	58,613	20,753	1131,8

ИТОГО									2128,060
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	----------

Фонд заработной платы основных рабочих составил 2128060руб. Труд инженерно-технического персонала оплачивается по месячным окладам в соответствии с принципами повременной оплаты труда.

Для работников с подобной системой оплаты труда основной фонд заработной платы рассчитывается как:

$$З_{осн} = п_{мес} * Т_{окл} * Н_{сп} \quad (5.16)$$

где $п_{мес}$ - количество месяцев;

$Т_{окл}$ - месячный оклад, руб.

Таблица 5.4– Фонд заработной платы ИТР

Должность	$Т_{окл}$ руб	$Н_{сп}$, чел	$З_{осн}$ руб
Главный технолог., нач. установки	80000	1	960000
Механик установки	60000	1	720000
Энергетик установки	55000	1	660000
Инженер КИП и АСУ	40000	1	480000
ИТОГО			2820000

Общий фонд заработной платы ИТР составил 3439641 руб. Вспомогательным рабочим помимо тарифа выплачивается дополнительная заработная плата из расчёта 40% от тарифа.

Таблица 5.5 – Фонд заработной платы вспомогательных рабочих

Профессия	Раз-ряд	$Т_{ст}$ руб/ч	$Н_{сп}$ чел	$Т_{эф}$ ч.	$З_{тар}$ руб.	$Д_{прем}$ руб	$Д_{нв}$ руб	$Д_{праз}$ руб	$З_{осн}$ руб
Слесарь-ремонтник	4	26,45	4	2796	295816	147908	39442	13962,6	497130
Электрик	4	26,45	4	2796	295816	147908	39442	13962,6	497130
Слесарь КИПиА	4	26,45	4	2796	295816	147908	39442	13962,6	497130
ИТОГО									1491390

Фонд заработной платы вспомогательных рабочих составил 1491390руб. Общий фонд заработной платы за год составил 7059091 руб.

Расчет затрат на производство продукции

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 5.6 – Расчет годовой потребности в сырье, материалах и электроэнергии.

Наименование сырья	Ед. из м.	Цена, руб.	Расход		Затраты, руб.	
			На ед.гот.прод., т/т	На весь объем производства, т	На ед. гот.прод.	На весь объем производства
				350000т/год		350000т/год
1.Фракция углеводородная	т.	24200	1,145	400750	27709	9698150000
2.Электроэнергия	кВ т/ч	5,4	245,8	194182	300	105000000
Итого					27739	9708635825

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 5.7 – 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:

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

От машин и оборудования:

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

От приборов КИП и А и лабораторий:

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

От инвентаря и инструментов:

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

Итого: $A_{\text{год}} = 18217500$

Таблица 5.8 – 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 350000 т, тыс. руб
1 сырье	Руб.	27709	9698150000
2 энергия на технологические цели		300	105000000
3 Заработная плата основных работающих		53,73	18805500
3.1 Отчисления на социальные нужды основных рабочих		16,12	5642000
Итого условно-переменных издержек		28 078,85	9 827 597 500,00
4Общепроизводственные расходы			
4.1Заработная плата ИТР		71,21	24923500
Отчисления на социальные нужды ИТР		21,36	7476000
4.1Заработная плата вспомогательных рабочих		37,66	13181000
Отчисления на социальные нужды вспомогательных рабочих		11,3	3955000
4.2Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования			
амортизация		460,04	161014000
ремонт		13,8	4830000
Итого условно-постоянных издержек		615,37	215379500
цеховая себестоимость		28 694,22	10 042 977 000,00
5 Управленческие расходы (5% к цеховой себестоимости)		1434,711	502148850
Заводская себестоимость		30 128,93	10 545 125 850,00
6 Коммерческие расходы (1% к заводской себестоимости)		301,28931	105451258,5
Продолжение таблицы 8			
Полная себестоимость		30 430,22	10 650 577 108,50
Условно-переменные издержки		28 078,85	9 827 597 500,00
Условно-постоянные издержки		2351,37031	822979608,5

5.1.3 Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \cdot (1 + P/100), \quad (5.17)$$

где C – полная себестоимость единицы готовой продукции;

P – рентабельность продукции (%).

Рентабельность продукции можно принять от 10% до 25%.

$$Ц = 30430,22 \cdot (1 + 10/100) = 33473,24 \text{ руб./т}$$

$$B_{\text{реал.}} = 33473,24 \cdot 350000 = 11715634700 \text{ руб.}$$

5.1.4 Анализ безубыточности по действующему производству

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

$$B_{\text{пр}} = \text{Изд.}_{\text{пост}} + \text{Изд.}_{\text{пер}} \quad (5.18)$$

$$B_{\text{пр}} = 30\,430,22 \text{ руб./т}$$

Определение точки безубыточности:

1. Аналитическим способом:

$$Q_{\text{кр}} = \frac{\text{ИЗД}_{\text{пост}}}{\text{Ц}_{\text{Г.П.}} - \text{ИЗД}_{\text{ПЕР/Г.П.}}} \quad (5.19)$$

где $\text{Ц}_{\text{ГП}}$ - цена единицы готовой продукции (1 тонны);

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

5.1.5 Определение цены готовой продукции

$$Q_{\text{кр}} = \frac{822979608,5}{33473,24 - 2351,37} = 152562 \text{ т/год}$$

2. График безубыточности при объеме производства 350000 т/год: (рисунок 1).

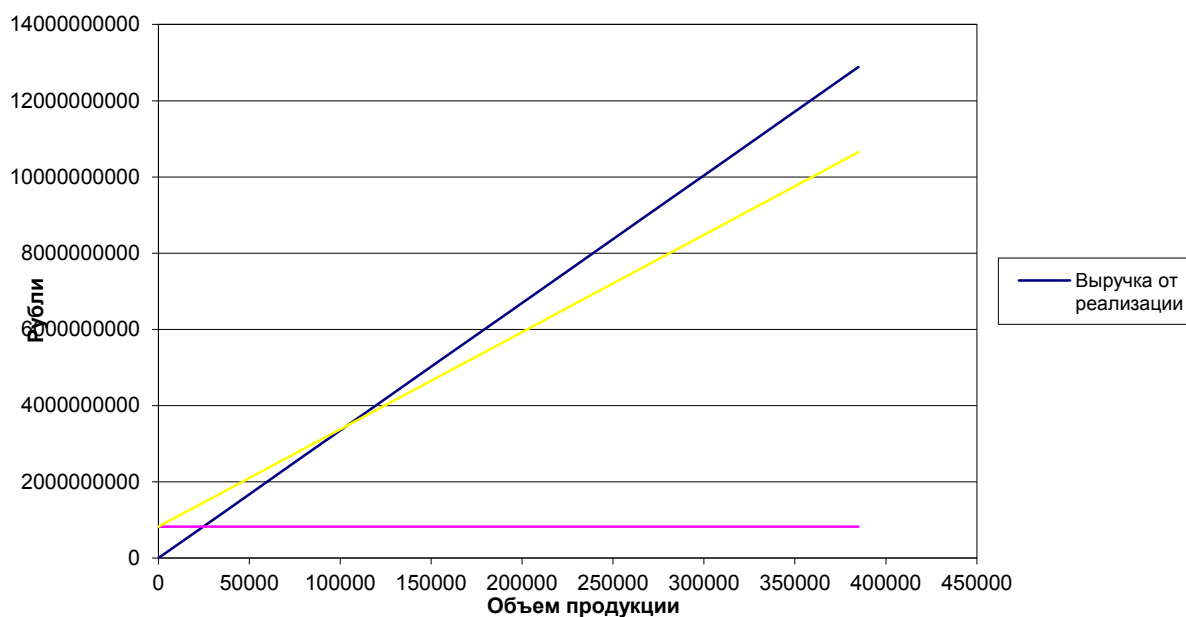


Рисунок 5.1 – График безубыточности при 350000 т/год

5.2 Повышение эффективности производства

Увеличение объема ее производства за счет полного использования производственной мощности предприятия. Выбираем «эффект масштаба», т.е. при увеличении объема производства продукции на имеющихся производственных мощностях возрастают только переменные издержки, постоянные издержки остаются постоянными, в результате снижается себестоимость на единицу готовой продукции.

5.2.1 Расчет себестоимости готового продукта в проектном году

В проектном году увеличиваем мощность на 10 %

$$N_{\text{год}} = 1,1 \cdot 350000 = 385000 \text{ т/год.}$$

5.2.2 Определение цены готовой продукции

$$\text{Ц} = 33473,24 \text{ руб./т}$$

$$B_{\text{реал.}} = 33473,24 \cdot 385000 = 12887197400 \text{ руб.}$$

Таблица 5.9 – Калькуляция себестоимости на производство и

реализацию продукции в проектируемом году (Q)

Наименование затрат	Единицы изм.	Сумма на 1 т, руб.	Сумма затрат на производство 385000 т, тыс. руб
1 сырье	Руб.	30479,90	11734761500,00
2 энергия на технологические цели		330,00	127050000,00
3 Заработная плата основных работающих		48,84545455	18805500,00
3.1 Отчисления на социальные нужды основных рабочих		14,65454545	5642000,00
Итого условно-переменных издержек		30873,40	11886259000,00
4Общепроизводственные расходы		0	0,00
4.1Заработная плата ИТР		64,73636364	24923500,00
Отчисления на социальные нужды ИТР		19,41818182	7476000,00
4.1Заработная плата вспомогательных рабочих		34,23636364	13181000,00
Отчисления на социальные нужды вспомогательных рабочих		10,27272727	3955000,00
4.2Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования		0	0,00
амортизация		418,2181818	161014000,00
ремонты		12,54545455	4830000,00
Итого условно-постоянных издержек		559,4272727	215379500,00
цеховая себестоимость		26085,65455	10042977000,00
5 Управленческие расходы (5% к цеховой себестоимости)		1304,282727	502148850,00
Заводская себестоимость		27389,93727	10545125850,00
6 Коммерческие расходы (1% к заводской себестоимости)		273,8993727	105451258,50
Полная себестоимость		27663,83665	10650577108,50
Условно-переменные издержки		25526,22727	9827597500,00
Условно-постоянные издержки		2137,609373	822979608,50

5.2.3 Анализ безубыточности по проектному производству

Определение точки безубыточности:

1 Аналитическим способом:

$$Q_{кр} = \frac{ИЗД_{пост}}{Ц_{г.п.} - ИЗД_{пер/г.п.}} \quad (5.20)$$

где $Ц_{г.п.}$ - цена единицы готовой продукции (1 тонны);

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

$$Q_{кр} = \frac{947676536,63}{36261,50 - 30873,40} = 103558,4 \text{ т/год}$$

3. График безубыточности при объеме производства 385000 т/год:
(рисунок 2).

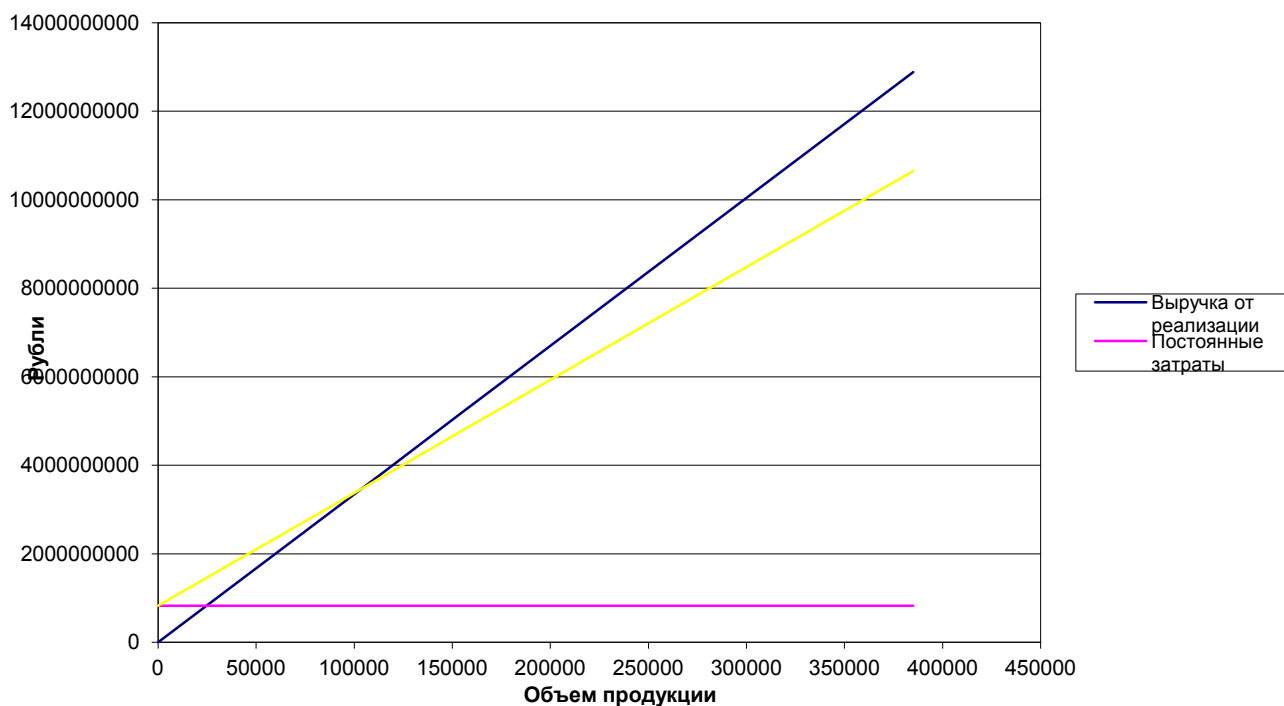


Рисунок 5.2 – График безубыточности при 385000 т/год

5.3 Определение технико-экономических показателей

Таблица 5.10 – Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Отчетный год	Плановый год
Объем производства	т	350000,00	385000,00
Объем продаж	т	350000,00	385000,00
Цена за тонну	руб	33473,24	33473,24
Выручка от продажи	руб	11715634000,00	12887197400,00
Суммарные издержки,	руб	10650577108,50	10650577108,50
в т.ч переменные издержки	руб	9827597500,00	9827597500,00
в т. ч. постоянные издержки	руб	822979608,50	822979608,50
Операционная прибыль	руб	1065056891,50	2236620291,50
Налог на прибыль (20%)	руб	213011378,30	447324058,30
Чистая прибыль	руб	852045513,20	1789296233,20
Себестоимость 1 тонны продукции	руб	30430,22	27663,84
Среднегодовая стоимость основных средств	руб	193500000,00	193500000,00
Численность основных рабочих	чел.	12,00	12,00
Фондовооруженность	руб	16125000,00	16125000,00
Фондоотдача (объём выпущенной товарной продукции / Среднегодовая стоимость основных средств)		60,55	66,60
Фондоёмкость (показатель обратный фондоотдаче)		0,02	0,02
Производительность труда	руб/чел	976302833,33	1073933116,67
Рентабельность производства	%	10,00	21,00
Рентабельность продаж	%	7,27	13,88
Qкр. (критический объем продаж)	т	24254,00	23310,00
Qкр. (критический объем продаж)	руб	811859962,96	780261224,40

Вывод

В результате увеличения загрузки производственной мощности на 10 % и, соответственно, использования «эффект масштаба», мы получили следующий экономический эффект:

1. Снижение себестоимости на 1 тонну с 30 430,22 до 27663,83665 (на 9,9%).
2. Увеличение выручки от продажи с 11715634000,00 до 12887197400,00 (на 10%) .
3. Увеличение чистой прибыли с 852045513,20 до 1789296233,20 (в 2,1 раза).
4. Увеличение выплат по налогам с 213011378,30 до 447324058,30 (на 21%).
5. Увеличение показателя фондоотдачи с 60,55 до 66,60 (на 10 %).
6. Увеличение производительности труда с 976302833,33 до 1073933116,67 (на 10 %).
7. Увеличение рентабельности производства с 10 до 21,0 (в 2,1 раза) .
8. Увеличение рентабельности продаж с 7,27 до 13,88 (в 1,9 раз).
9. Точка безубыточности снизилась с 152562 до 103558,4 тонн (в 1,5 раза).