

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАНА

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт химических и биологических технологий

Кафедра химической и биохимической инженерии

Шағыраев Темірлан Жарасұлы

«Проект производства этилового спирта прямой гидратацией этилена»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Специальность 5В072100– Химическая технология органических веществ

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАНА

Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К.И. Сатпаева

Институт химических и биологических технологий

Кафедра химической и биохимической инженерии

Шағыраев Темірлан Жарасұлы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой
«Химическая и биохимическая
инженерия» Ph.D.,
ассоциированный профессор



Х.С. Рафикова

«18» мая 2021 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

на тему: «Проект производства этилового спирта прямой гидратацией этилена»

по специальности 5В072100 – «Химическая технология органических веществ»

Выполнил



Т.Ж.Шағыраев

Научный руководитель



ассистент-профессор,
к.х.н. , Н.И. Чугунова

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт химических и биологических технологий
Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

5B072100 – «Химическая технология органических веществ»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой
Химической и Биохимической
инженерии



Рафикова Х.С.

“7” декабря 2020г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Шағыраеву Темірлану Жарасұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

Тема: Проект производства этилового спирта прямой гидратацией этилена
(тема дипломной работы)

Утверждена приказом Ректора Университета № 2131-б от "24"11.2020г.

Срок сдачи законченной работы "16" 05. 2021г.

Исходные данные к дипломной работе: методы получения промышленного этанола

Краткое содержание дипломной работы:

а) введение

б) литературный обзор

в) инженерные расчеты

г) экономические расчеты и охрана труда

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): технологическая схема гидратации этилена

Рекомендуемая основная литература:

1 Бардик Д.Л., Леффлер У.Л. Нефтехимия, пер. с англ. — М.: ЗАО «Олимп—Бизнес», 2001. — 416 с.: ил.

2 “Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза” Книги Химия Автор: Лебедев Н.Н. Год издания: 1988

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Сбор и систематизация теоретического материала по исследуемой проблеме	25.01.2021 г.	
Технологическая часть	23.04.2021 г.	
Экономическая часть и охрана труда	19.05.2021 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Доктор PhD., ассоциированный профессор А.Т.Хабиев	01.06.21	

Научный руководитель



Чугунова Н.И.

Задание принял к исполнению обучающийся



Шағыраев Т.Ж.

АННОТАЦИЯ

Данный дипломный проект содержит 32 страниц, 7 рисунков, 11 таблиц, 21 использованных источников.

Ключевые слова: этиловый спирт, этилен, способы получения, гидратация, гидратор, катализатор.

Цель работы: Выбрать наиболее оптимальный вариант и обосновать выбранный способ гидратации этилена при различных катализаторах.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие *задачи:*

- проанализировать используемые в промышленности методы получения этилового спирта;
- исходя из сравнения преимуществ и недостатков существующих катализаторов выбрать наиболее экономически выгодный и активный;
- Представить принципиальную технологическую схему в присутствии используемого катализатора;
- провести технологический расчет установки для выбранного метода.

Результаты проекта: будет предложен, обоснованный технико-экономическими расчетами способ получения этанола прямой гидратацией этилена.

АНДАТПА

Дипломдық жоба 32 беттен, 7 суреттен, 11 кестеден және 21 әдеби деректерден тұрады.

Түйінді сөздер: этил спирті, этилен, гидратация, гидратор, катализатор.

Жобаның мақсаты: процестің едәуір тиімді нұсқасын таңдау және этиленді әр түрлі катализатор қатысында гидратациялау әдісін негіздеу.

Көрсетілген мақсатқа жету жолында келесідей *міндеттер* қойылды:

- өндірісте қолданылатын этил спиртін алу әдістерін талдау;
- қолданыстағы катализаторлардың артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстыра отырып, экономикалық тиімдісін және ең белсендісі таңдау;
- таңдалған әдіс негізінде қондырғының технологиялық есептеулерін жүргізу.

Дипломдық жоба нәтижелері: технико -экономикалық есептеулермен негізделген этиленді тура гидратациялау арқылы этанол алу әдісі ұсынылады.

ABSTRACT

This diploma work consists of 32 pages, 7 figures, 11 tables, and 21 sources used.

Keywords: ethyl alcohol, ethylene, production methods, hydration, hydrator, catalyst.

The purpose of the work: To choose the most optimal option and to justify the chosen method of hydration of ethylene with various catalysts.

To achieve this goal, the following tasks were set::

- analyze the methods used in the industry for the production of ethyl alcohol ;
- based on a comparison of the advantages and disadvantages of existing catalysts, choose the most cost-effective and active one;
- to present the basic technological scheme in the presence of the used catalyst;
- perform a technological calculation of the installation for the selected method.

Project results: a method for producing ethanol by direct hydration of ethylene, based on technical and economic calculations, will be proposed.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Литературный обзор	10
1.1 Методы получения этилового спирта	10
1.2 Механизм прямой гидратации этилена.	13
2 Технологическая часть	14
2.1 Основные параметры процесса	14
2.2 Катализатор	14
2.3 Реактор для гидратации олефинов	15
2.4 Технологическая схема	16
3 Технологические расчеты	17
3.1 Материальный баланс	17
3.2 Тепловой баланс	18
3.3 Механические расчеты	19
3.3.1 Расчет сварной цилиндрической обечайки вертикального аппарата, работающую при внутреннем давлении.	19
3.3.2 Расчет верхнего и нижнего днища установки	19
3.3.3 Расчет устойчивости установки к ветру	20
4 Автоматизация технологии гидрататора	23
5 Выбор места строительства	24
5.1 Генеральный план	24
6 Охрана труда и техника безопасности	25
6.1 Пожарная безопасность	25
6.2 Основные правила пожарной безопасности	25
6.3 Причины промышленного пожара и взрывов на производстве этанола	25
7 Экономическая часть	27
7.1 Расчет капитальных затрат	27
Заключение	30
Список использованной литературы	31

ВВЕДЕНИЕ

В связи с тем, что сырьем для получения этилового спирта является газ этилен, развитие нефтяной и газовой промышленности Казахстана играет важную роль.

Этилен получают при переработке попутного газа или природного газа, полученного на нефтяных месторождениях. Этилен является важным источником сырья во многих отраслях промышленности так как сфера его применения велика. Широко используется в производстве стирола, уксусной кислоты, синтетических тканей и этиламина, каучука. Наиболее важной областью применения является получение этилового спирта с прямой гидроочисткой этилена.

Этиловый спирт является одним из главных сырьевых материалов в народном хозяйстве, фармацевтике, производстве уксусной кислоты. До этого применялись методы спиртового брожения, получения серной кислоты. Наиболее эффективным и рациональным методом получения этилового спирта является получение этилена путем прямой гидратации в присутствии катализатора.

В данном проекте выбирается оптимальная схема производства, рассчитываются механические расчеты основных вспомогательных установок, материальный и тепловой баланс процесса, решаются экологические вопросы, определяется, к какой категории относится производство.

В настоящее время в стране начата разработка стратегий развития нефтехимической отрасли. Ведь мы должны эффективно использовать наш национальный ресурс, готовить образованных, заботящихся о своем будущем специалистов, отстаивать национальные интересы. Уверен, что этот дипломный проект найдет свое применение в будущем и будет освоен в нашей стране.

1 Литературный обзор

1.1 Методы получения этилового спирта

Для начала, сделаем небольшое пояснение, по поводу самого вещества — этиловый спирт. Этанол — это жидкое, летучее, не имеющие цвета вещество, со специфическим запахом. Он горит бездымным синим пламенем, которое не всегда видно при нормальном освещении.

Имеет множество применений в промышленном и фармацевтическом секторах в качестве растворителя веществ, предназначенных для контактного потребления человеком, включая ароматизаторы, красители и лекарственные средства. Этанол также используют в качестве топлива со смешанным бензином в транспортных средствах, работающих на 100% этаноле. Производство этанола было крайне востребовано во всем мире, после того как была изобретена присадка к топливу (ЭТБЭ). Большая часть производимого этанола используется в качестве моторного топлива или добавки в бензин для повышения его октанового числа. В качестве жидкого топлива этанол имеет долгосрочные преимущества.

Этанол имеет хорошие свойства для искрового зажигания с октановым числом двигателя 90, соответственно, что намного больше, чем обычный бензин, который составляет 88. Увеличение мирового производства этанола в основном обусловлено общемировыми экономическими и экологическими соображениями безопасности. В большинстве странах, таких как Европа, Индия, Китай и Бразилия, производство этанола нацелено на сокращение импорта нефти, увеличение производства и потребление возобновляемого топлива [1], [2].

Существующие способы получения промышленного этанола представлены в рисунке 1.

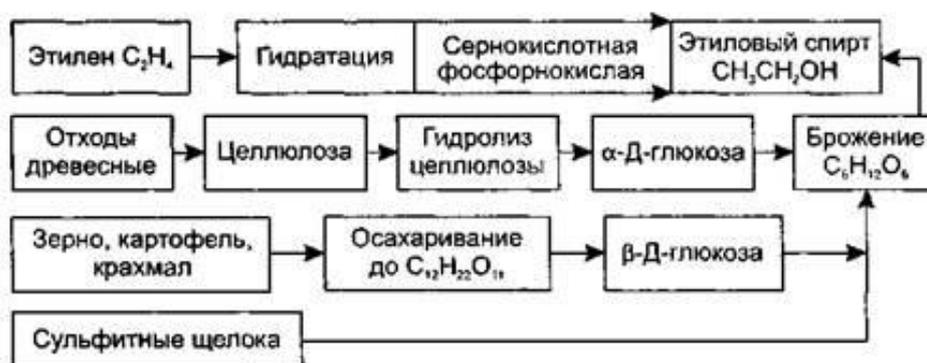


Рисунок 1- Способы получения промышленного этанола

- Гидролиз древесины — путем добавления воды к клетчатке (в качестве катализатора используется серная кислота) с последующей ферментацией целлюлозы. Сырьем гидролизной промышленности является древесина в виде опилок, стружек, щепов, то есть в качестве различных отходов

деревообрабатывающей промышленности. В результате переработки данных отходов получают не только этанол а так же и другие ценные компоненты: кормовые дрожжи, лигнин, фурфурол. Данный метод обладает низкими капиталовложениями, более дешевым и разнообразным источником сырья.

- Обработка сульфидных щелоков – метод основан на сбраживании гексозных сахаров (сульфидных щелоков). Процесс получения этанола данным методом включает в себя несколько стадий: подготовка щелока к брожению, брожение сульфитнощелокового сусла и перегонки готовой сульфитной бражки.

На 2 рисунке показан метод получения этанола обработкой сульфидных щелоков.

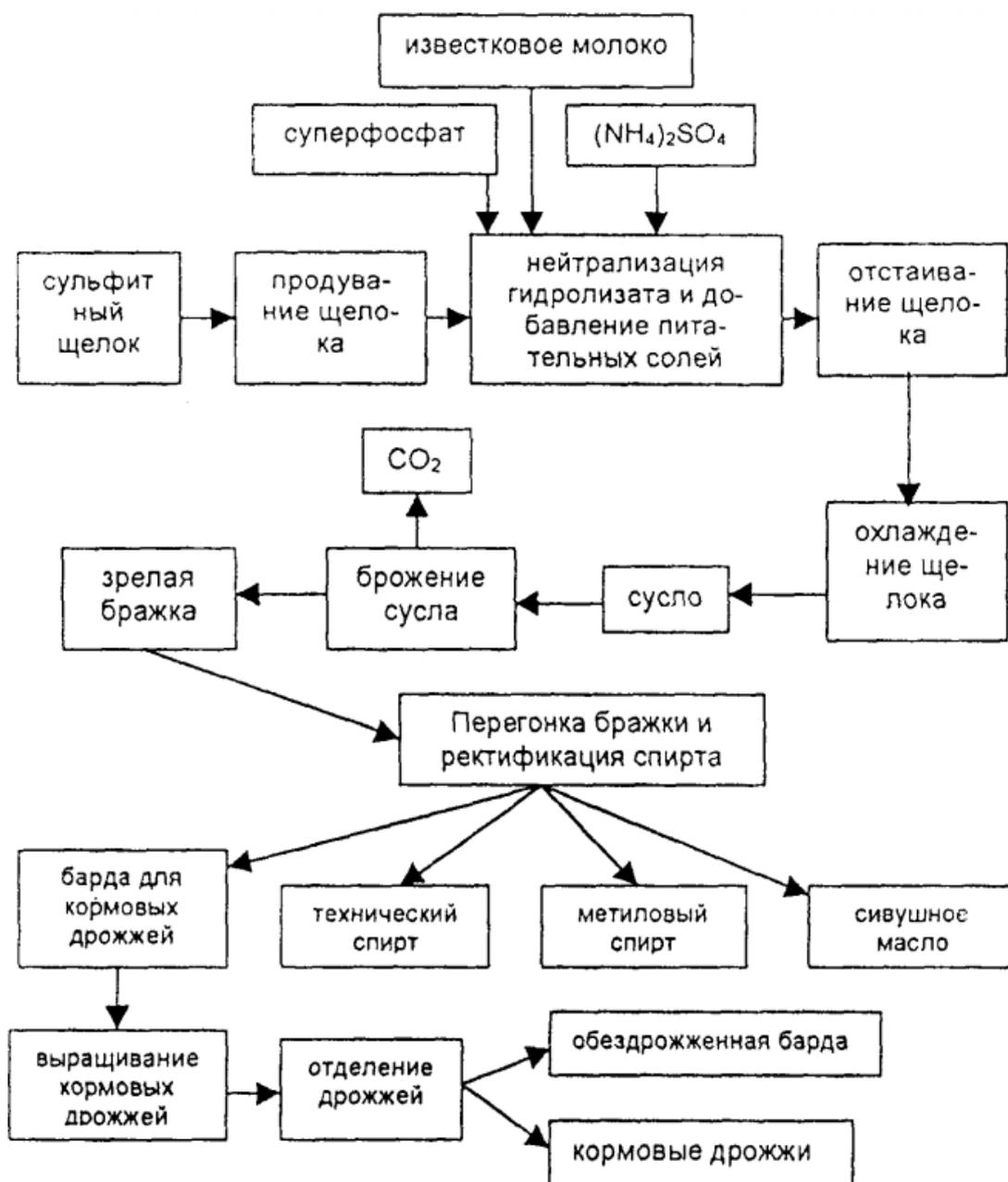


Рисунок 2- Получение этанола методом обработки сульфидных щелоков

На 1 т сырья образуется 30 – 50 литров этилового спирта, а также можно получить кормовые дрожжи, жидкие углекислоты, сульфитно-бардяной концентрат из которого можно получить важное ароматическое вещество – ванилин.

- Осахаривание природных продуктов или же брожение веществ, содержащих в себе крахмал или сахар. Производство спирта осуществляется за счет так называемых органических катализаторов – ферментов. В качестве сырья используют полисахариды такие как крахмал, содержащий в различных злаках, картофеле. Метод состоит из ряда этапов: осахаривания, брожения, отгонки спирта и его ректификации.

Важнейшим процессом является брожение глюкозы в спирт, которое состоит из нескольких промежуточных химических реакций. Если создать благоприятные условия для брожения, то выход спирта достигает 94-95%.

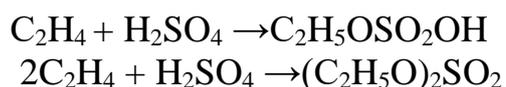
- Гидратация непредельных углеводов – путем раскрытия кратных связей и добавление гидроксильной группы под действием катализатора [3], [4].

Первые три метода относятся к биохимическим методам производства этанола, в их основе лежит процесс брожения (ферментации) углеводов природного сырья, с образованием глюкозы как промежуточный продукт.

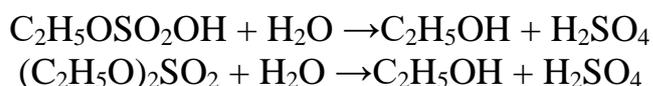
Большую часть времени промышленные процессы осуществлялись с помощью процесса ферментации, но выход этилового спирта был не велик. Так в 30-х годах 20 века на смену брожения пришла гидратация олефинов, с наибольшим выходом этилового спирта до 90% [5].

Сернокислотная гидратация этилена.

При добавлении концентрированной серной кислоты в этилен образуется моно- и диалкилсульфат



При добавлении воды в эти сложные эфиры образуется этиловый спирт и кислота:



В способе могут использоваться смешанные газы (содержащие 30-40 + H₂O% этилена). Это облегчает процесс разделения газов. Газ должен содержать мало высших олефинов. Это связано с тем, что он взаимодействует с серной кислотой и полимеризуется, образуя ненужные смолистые вещества.

Главными недостатками данного метода является образование загрязненной серной кислотой, а также дальнейшая ее очистка, стадия образования промежуточных соединений, высокие капиталовложения [3].

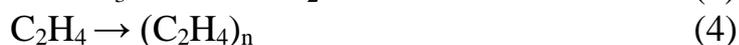
1.2 Механизм прямой гидратации этилена

Вышеупомянутые недочеты серноокислотного метода поспособствовало усовершенствованию методов гидратации этилена. Что и привело к разработке прямой гидратации.

Так в данном методе, гидратация этилена проходит в одну стадию, за счет раскрытия кратных связей и выход этилового спирта составляет 95%. В качестве катализатора обычно используется фосфорная кислота на твердом носителе.



Сам процесс является сложным так как по мимо основной реакции так же протекают и побочные реакции. Такие как образование диэтилового эфира (1), уксусного альдегида (2-3), реакция олигомеризации(4).



Образование таких продуктов негативно влияет не только на выход этилового спирта, но и на срок использования катализатора.

Механизм

Процесс проходит в 4 стадии:

1 Физическое растворение этилена в пленке фосфорной кислоты.



2 Образование карбон иона:



2 Образование иона алкоксония при взаимодействии карбон иона с водой:



4 Распад иона алкоксонии со спиртом на протон:



2 Технологическая часть

2.1 Основные параметры процесса

Основными параметрами, которые влияют на реакцию процесса являются: температура, давление и соотношение исходных компонентов.

Если говорить о температуре, то с увеличением ее выше 300°C идут негативные процессы, которые приводят к полимеризации этилена, образованию эфира и т.д, способствующие к снижению селективности, а ниже 280°C характеризуется малой активностью катализатора. Поэтому рабочей температурой является $280\text{-}300^{\circ}\text{C}$.

Так как основная реакция – экзотермическая, повышение давление и снижение температуры благоприятствует гидратации, то есть способствует увеличению выхода этилового спирта. Однако выбор высокого давления не желательно использовать, при выбранной нами температуре из-за того, что возможна конденсация водяных паров в реакторе, что приводит к снижению активности катализатора. Оптимальное давление составляет $6,7 - 8$ МПа.

От соотношения исходных компонентов зависит не только конверсия этилена, а также и активность катализатора. При соотношении $\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_4 = 0,5\text{-}0,75: 1$ наблюдается повышение конверсии олефина и постоянность концентрации катализатора, если же повысить соотношение $\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_4$ выше $0,75: 1$ степень конверсии олефина начинает понижаться. Таким образом оптимальным соотношением $\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_4 = 0,6\text{-}0,7: 1$ [6].

2.2 Катализатор

Уже как 70 лет в химической промышленности процесс гидратации олефинов осуществляется за счет катализатора, состоящим из силикагеля с высокой загрузкой фосфорной кислоты. Катализатор характеризуется как поддерживаемая жидкая фаза, а каталитический актив, связанный на носителе, - как концентрированная жидкая кислота. Фосфорная кислота на силикагеле более устойчива к выщелачиванию, чем кислота на фосфате металла. На основе силикагеля катализатор фосфорной кислоты ($\text{H}_3\text{PO}_4/\text{SiO}_2$) часто используется в промышленности, так как он обладает более высокой селективностью по этилену. Скорость производства этилового спирта заметно возрастает с повышением нагрузки фосфорной кислотой. Фосфорная кислота, присутствующая в жидкой форме на силикагеле, имеет чистую кислотную природу. Более высокие конденсированные фосфаты требуют более длительного времени гидролиза.

Значительными недостатками фосфорно-кислотного катализатора можно назвать постепенный унос его с поверхности носителя и способность вызывать коррозию. Данные недостатки, можно устранить, применяя нейтральные катализаторы – кремневольфрамые и вольфрамые [7-9].

2.3 Реактор для гидратации олефинов

Реактор для гидратации олефинов показан ниже на рисунке 3.

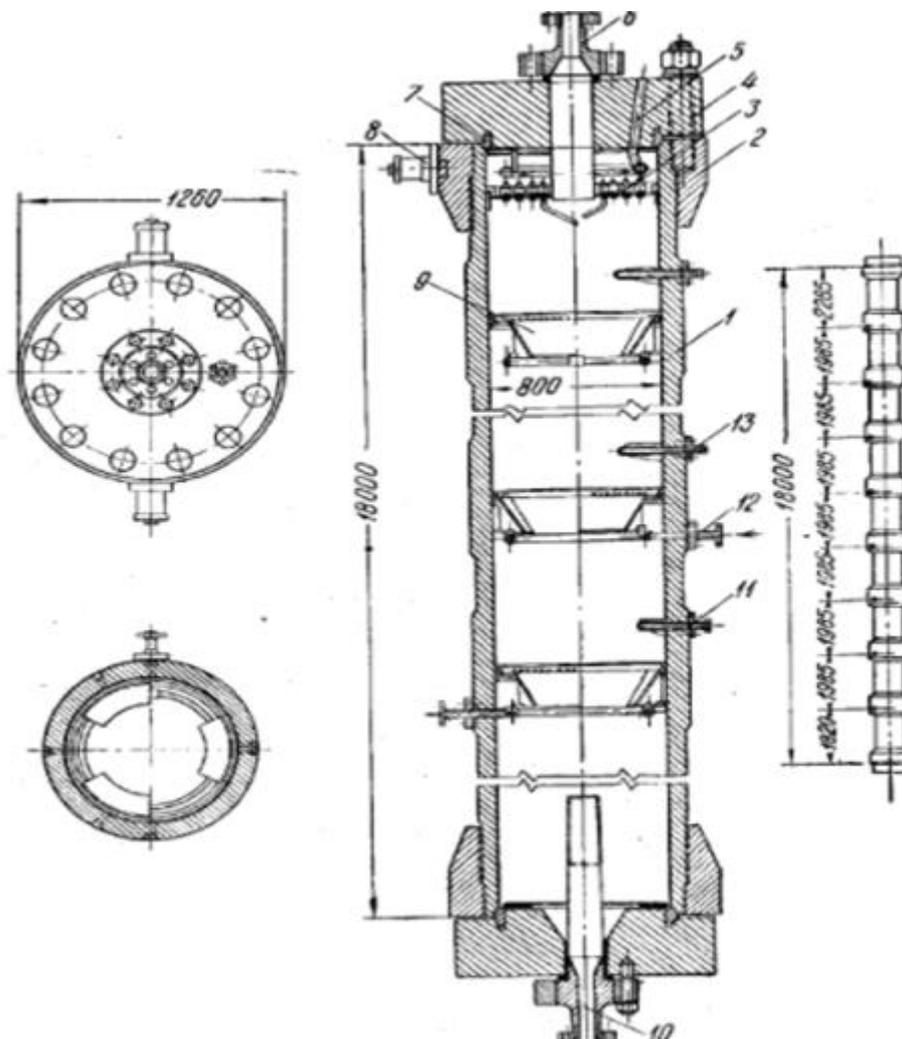


Рисунок 3- Реактор для гидратации олефинов

Что же представляет из себя реактор-гидратор? На данном рисунке предствалена реакционная колонна гидратации алкенов, с использованием таблетированного катализатора. Колонна способна работать до 300 ат и температуре 200-300. Корпус взят стандартный, с длиной в 18 м имеет внутренний диаметр 800мм, применяющийся для колонн при дополнительных синтезах. Особенностью этой колонны, является немалое число штуцеров, трубок и карманов, используемых для секционного подвода газа, взятия проб в различных местах и измерения температур.

Производительность колонны составляет 1т спирта в день на 1 м³ используемого катализатора. В изображенной колонне вода подается, через отверстие в верхней крышке на тарелку тем самым равномерно орошая поверхностный слой катализатора, загружающего реактор. Этилен поступает по центральной трубе в верхней крышке и затем с водой сверху вниз проходит через катализатор. Во избежание “захлебывания” через квадратный дециметр

поперечного сечения колонны не должно проходить более 120-180 литров жидкости в час. В реакционных колоннах диаметром свыше 300 мм, использовалось устройство распределяющее жидкость, однако существенного улучшения режима оно не дало и в последних конструкциях от него начали отказываться [10], [11].

2.4 Технологическая схема гидратации этилена

На рисунке 4 представлена технологическая схема гидратации этилена для получения промышленного этанола.

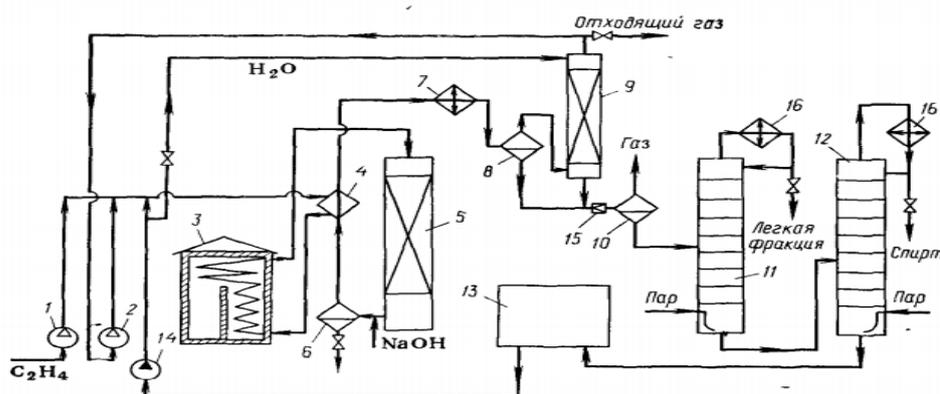


Рисунок 4- Технологическая схема гидратации этилена

Сжатый этилен 8-ми Мпа в компрессоре 1 и циркуляционном компрессоре 2, подают на смешение с рециркулирующим водным конденсатом, далее смесь нагревают в теплообменнике 4 за счет горячих реакционных газов. Затем идет нагрев смеси до 280 – 330°C в трубчатой печи 3 и готовую смесь подают в реактор 5. Содержащие в реакционном газе пары фосфорной кислоты нейтрализуются снизу реактора водным раствором NaOH. Образующие фосфаты в результате реакции разделяют в солеотделителе 6. Далее полученную смесь готового продукта охлаждают в теплообменнике 4 и в водяном холодильнике 7. Газовая и жидкая фаза разделяются в сепараторе 8. В абсорбере 9 улавливаются пары спирта которые еще содержатся в газах, за счет воды. Часть очищенного газа отправляют на рецикл с помощью компрессора 2, часть сбрасывают в линию топливного газа. В сепараторе 10 отделяют водный конденсат из сепаратора 8 и жидкость из абсорбера 9 от растворенных газов. В результате из сепаратора 10 выходит 15%-й водный раствор этанола, содержащий побочные продукты (Диэтиловый эфир, ацетилен, полимеры этилена). Данный раствор разделяют в колоннах 11 и 12. Наиболее летучие такие как диэтиловый эфир и ацетальдегид отгоняются в в 11 колонне, а в 12 отгоняют этанол от воды в виде азеотропа. Разделенная вода из колонны 12 подвергается очистке на ионнообменной установке 13 от различных солей, далее ее рециркулируют на смешение с этиленом и гидратацию, получая замкнутый водооборот [12], [13]

3 Технологические расчеты

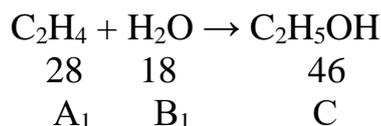
3.1 Материальный баланс

Материальный баланс всегда основывается на уравнении закона сохранения масс:

$$\sum G_{\text{прих}} = \sum G_{\text{расх}}$$

Основная реакция:

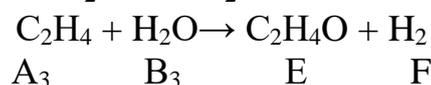
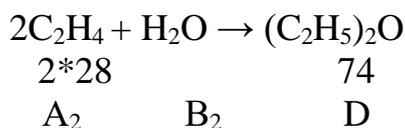
Гидратация этилена



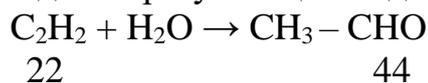
Для проведения целевой реакции необходимо большое количество этилена и водяного пара. Только 3,5-4,5% этилена вступает в реакцию, остальная часть проходит через реактор без изменений. Также водяной пар вступает в реакцию только на 6-7%. 98,5% конвертированного газа (этилен и ацетилен) расходуется на образование спирта, а 1,5% на побочную реакцию.

Побочные реакции:

Примерно 1% конвертированного газа реагирует с водяным паром, образуя диэтиловый эфир:



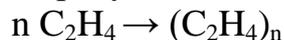
Кроме того, ацетилен с водой образуют ацетальдегид:



Ацетальдегид может также образоваться в ходе следующей реакции:



На 1т спирта образуется 4кг ацетальдегида, и расходуется 1,6 кг водяного пара. Примерно 0,1% этилена полимеризуется:



Из 1т спирта получается 0,6кг полимера.

В таблице 1 представлен материальный баланс стадии гидратации этилена

Таблица 1 – Материальный баланс стадии гидратации этилена

ПРИХОД			РАСХОД		
Вещество	кг/ч	% масс.	Вещество	кг/ч	% масс.
Этилен, в т.ч.	41531,51	100	Реакционный газ, в .ч.	59601,61	100
этилен	40198,75	96,79	этанол	3042,98	5,1
этан	1332,76	3,21	диэтиловый эфир	154,58	0,26
Водяной пар	18070,82	100	ацетальдегид	61,24	0,1
			водород	2,8	0,005
			этилен	38188,82	64
			этан	1332,76	2,24
			водяной пар	16818,43	28,22
Итого	59602,33	100	Итого	59601,61	100

3.2 Тепловой баланс

Реагенты попадают в реактор при температуре синтеза.

Температура подачи сырья – 280 °С (553 К);

Режим адиабатический. Потери тепла принимаем 1,0 % от прихода.

[14],[15]

В таблице 2 представлен тепловой баланс стадии гидратации этилена

Таблица 2 – Тепловой баланс стадии гидратации этилена

Приход			Расход		
Тепловой поток	Вт	% масс.	Тепловой поток	Вт	% масс.
Q _{исх}	20423768	94,9	Q _{кон}	20463905.8	95,00
Q _{г(экзо)}	1099200	5,1	Q _{нагр}	0,00	0,00
Q _{ф.п}	0,00	0,00	Q _{потерь}	215229.68	1,00
			ΔQ	843832.52	4,00
Итого:	21522968	100	Итого:	21522968	100

3.3 Механические расчеты

3.3.1 Расчет сварной цилиндрической обечайки вертикального аппарата, работающую при внутреннем давлении

Материал обечайки ст. 09 Г2С, $P = 0,8$ Мпа, $T_{\text{сред}} = 280^\circ\text{C}$, $D_i = 1,26$ м, $H = 10,6$ м. Рассчитаем толщину стенки с двусторонним ручным стыком продольного сварного шва.

1. Номинально допустимый предел прочности при растяжении находим по формуле:

$$\sigma_{\text{доп}}^* = \sigma_{\text{внут}}^t / n_{\text{внут}}$$

где- $\sigma_{\text{доп}}^*$ - величина номинального допустимого давления, МН/м² (кгс/м²) номинальное допустимое напряжение $\sigma^* = 138$ Мпа, в зависимости от характеристики расчетной температуры конструкционного материала.

Рассчитаем допустимое усилие с учетом поправочного коэффициента η по формуле:

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_{\text{доп}}^* * \eta = 138 * 0,9 = 124,2 \text{ Мпа,}$$

где: $\eta = 0,9$, если среда токсична и взрывопожароопасна, а $\eta = 1$, если она нормальная.

Прочность сварного шва обечайки $\phi = 0,95$. Определяется по специально заданному графику:

$$\phi = 124,2 / 0,8 * 0,95 = 163,42.$$

Расчет номинальной толщины стенки обечайки:

$$S' = \frac{D P}{2 \phi \sigma_{\text{доп}}^*} = \frac{1,26 * 0,8}{2 * 124,2 * 0,95} = 4,3 \text{ мм}$$

Суммативную сумму находим по формуле:

$$C = C_k + C_э + C_d + C_o = 2,7 \text{ мм,}$$

где: C_k - коррозионное соединение, мм;

$C_э$ - поступающее на эрозию соединение, мм;

C_d - добавление дополнительной погрешности при подготовке;

C_o - добавить в общий размер

Находим желаемое (с расчетом соединений) обечайки:

$$S = S' + c = 4,3 + 2,7 = 7 \text{ мм} = 0,7 \text{ см;}$$

Рассчитаем допустимое давление:

$$P_{\text{доп}} = \frac{2 \phi \sigma_{\text{доп}} (S - C_k)}{D + (S - C_k)} = \frac{2 * 124,2 * 0,95 (0,007 - 0,0001)}{1,26 + (0,007 - 0,0001)} = 12,4 \text{ Мпа}$$

$P_{\text{РУ}} = 12,4 \text{ Мпа} > P = 0,8 \text{ Мпа}$, т. Е. требование выполнено, так как давление в процессе меньше допустимого

3.3.2 Расчет верхнего и нижнего днища установки

Рассчитываем толщину стенки сферического болтового дна вертикально-сварной установки нижеприведенными: марка материала днища Ст 09 52С, сумма коррозии $C_k = 1$ мм, $T = 280^\circ\text{C}$, Внутренний диаметр $D_i = 1,26$ м, высота H

= 10,6 м, толщина обечайки $\delta = 7$ мм, радиус диаметр $R = D_i$, $\sigma = 138$ Мпа, средняя жидкость ($\rho_c = 1,2 \cdot 10^3$ кг/м³) газ.

Производим расчет верхнего дна.

Условная меридиональная изгибающая сила в месте соединения верхнего дна с обечайкой определяется по формуле:

$$\sigma_y = \sigma_{ид} 0,1/P = 138 \cdot 0,1/0,8 = 17,25 \text{ МПа};$$

$$D_i = 1,26 \text{ м и } \sigma_y = 17,25 \text{ Мпа } \sigma_1 = 138 \text{ Мпа, } S = 7 \text{ мм};$$

С учетом сумм находим толщину стенки по формуле:

$$S_1 = S' + C_k + C_o = 7 + 1 + 1 = 9 \text{ мм.}$$

Производим расчет Нижнего дна.

Рассчитаем давление в нижней части установки с учетом гидростатического давления:

$$P = P_c + g \cdot \rho_{жид} \cdot H \cdot 10^{-6} = 0,8 + 9,81 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} = 0,85 \text{ Мпа.}$$

Определяем условный меридиан в месте соединения Нижнего днища с обечайкой:

$$\sigma_y = \sigma_{ид} 0,1/0,85 \cdot 138 = 16,2 \text{ Мпа; } (1620 \text{ кг/см}^2)$$

3.3.3 Расчет устойчивости установки к ветру

Внутренний $D_i = 1,26$ м или $D_i = 1260$ мм, наружный диаметр $D_c = 1,4$ м, высота $H = 10,6$ м или $H = 10600$ мм;

Расчетом находим ветроустойчивость и устойчивость установки, размещенной на открытой площадке. Чаще всего в основной нагрузочной зоне установки – опоре и фундаментных болтах, крепящих опору к фундаменту. При соотношении высоты установки к диаметру $n/d \geq 15$ устройство принимается консольным стержнем, закрепленным на фундаменте жестким креплением. В соотношении $n/d \leq 15$ в сжатом виде.

$$H/D = 10,6/1,4 = 7,57 < 15.$$

Нормативы скоростной силы ветра на высоте 10 м от Земли Q приведены в таблице 3.

Таблица 3- Нормативы скоростной силы ветра в различных географических районах СНГ

Географические районы СНГ	I	II	III	IV	V	VI	VII
$Q \cdot 10^2, \text{ Мпа}$	0,027	0,035	0,45	0,055	0,07	0,085	0,1

Поправочный коэффициент к скорости силы ветра, превышающей высоту 10 м, определяется с учетом θ . При собственных отклонениях установки T рассчитывается отдельно для значений \max и \min силы тяжести установки в секунду. Для лучших режущих установок:

$$T = 1,79 \cdot H \sqrt{G/g(H/E^t j + 4 \cdot \varphi)}$$

где H -высота установки, м;

Д-диаметр установки (без изоляции), м;

Et-модуль нормальной высоты материала тела установки при рабочей температуре;

j-момент инерции верхнего поперечного сечения корпуса относительно центральной оси установки, м³;

g-скорость силы тяжести, м / сек²;

G-сила тяжести всей надстройки, Мн.

$$T = 1,79 * H \sqrt{0,20/9,81} (H/\varepsilon^t j + 4 * \varphi_0) = 1,79 * 10,6 * \sqrt{0,20/9,81} * (10,6/210 * 42,6 * 10^{-8} + 4 * 0,015) = 295.$$

Сила действия ветрового потока в I-й зоне цилиндрической установки определяется как:

где В_i-коэффициент увеличения скорости потока;

q_i-нормативная скорость потока ветра Мпа, θ находим из таблицы с учетом поправочного коэффициента;

Д_i-наружный диаметр I-й зоны установки, при наличии изоляции снаружи установки принимается наружный d изоляции:

$$P_i = 0,6 * 1,35 * 0,055 * 1,4 * 10,6 = 0,661122 \text{ Мн.}$$

Крутящий момент от относительной ветровой нагрузки на основание установки определяется по формуле:

$$M_b = \sum_{i=1}^{n-n_0} P_i * x$$

где x_i-расстояние I-го района до основной установки, м;

n₀-число площадей, расположенных после разреза.

$$M_b = 0,661122 * 10,6 = 7,008.$$

Затем определяют размеры опорных колец. Внутренний диаметр кольца:

$$D_2 = D - 0,06 = 1,26 - 0,06 = 1,20 \text{ м.}$$

Наружный диаметр кольца:

$$D_1 = D + 2s + 0,2 = 1,26 + 2 * 0,1 + 0,2 = 1,66 \text{ м.}$$

Площадь опоры кольца:

$$\Gamma = \Pi/4 * (D_1^2 - D_2^2) = 3,14/4 * (1,66^2 - 1,2^2) = 1,033 \text{ м}^2.$$

Момент сопротивления опорной площади кольца:

$$W = \Pi/4 * D_1^4 - D_2^4 / D_1 = 3,14/4 * 1,66^4 - 1,2^4 / 1,66 = 0,3263 \text{ м}^3..$$

Максимальная сила сжатия над опорным кольцом определяется по формуле:

$$\sigma_{\max} = G_{\max} / \Gamma + M_{\text{во max}} / W \leq q_a$$

где, G_{max}-максимальная сила тяжести агрегата при заполнении водой, Мн;

M_{во max} – общий ветровой момент в сравнении с максимальной силой тяжести установки, Мн * м

q_a-из таблицы .

$$q_a < 200, G_{\max} = 98, M_{\text{во max}} = 20.$$

$$\Sigma_{\max} = 98/1,033 + 30/0,3263 = 186,81 < 200.$$

Расчетную толщину стенки опорного кольца определяем по формуле::

$$S'_K = 1,731 \sqrt{\sigma_{\max} / \sigma_{\text{ид}}},$$

где l -расстояние выступающей части кольца с наружным диаметром цилиндрической Опоры, м;

$\sigma_{\text{ид}}$ -допустимая сила изгиба материала кольца, Мн / м².

$$S'_k = 1,73 * 1,26 \sqrt{186,81/4} = 14,9 \approx 15.$$

После определения опорных параметров рассчитаем стойкость установки от обратимости ветровой нагрузки. Для этого определяем наименьшую силу σ над опорными кольцами при силе тяжести \max и \min установки:

$$\sigma = G_{\max} / F - M_{\text{во max}} / W = 98/1,033 - 30/0,3263 = 2,929;$$

$$\sigma = G_{\min} / F - M_{\text{во max}} / W = 70/1,033 - 20/0,3263 = 1,106;$$

$$G_{\min} = 70, M_{\text{во max}} = 20$$

Здесь к исчислению по абсолютному значению принимается самое большое.

Если вычисленное значение $\sigma \geq 0$, то коэффициент устойчивости установки находим по формуле:

$$K_{\text{б max}} = 0,42 GD_1 / M_{\text{в.о}}$$

где G и $M_{\text{в.о}}$ вычисленное значение σ или должно соответствовать. Если $K_y > 1,5$, то установка считается упорной и может даже не устанавливать фундаментные болты:

$$K_{y \text{ max}} = 0,42 * 98 * 1,66/30 = 2,28 > 1,5. \quad [3]$$

4 Автоматизация технологии гидратора

Комбинация программно-аппаратных средств и персонала с целью управления различными процессами в масштабе технологического процесса называется автоматизированной системой управления. Задачей АСУ является обеспечение высокого уровня контроля над протекающими процессами, за счет обеспечения оптимальных условия для проведения процесса

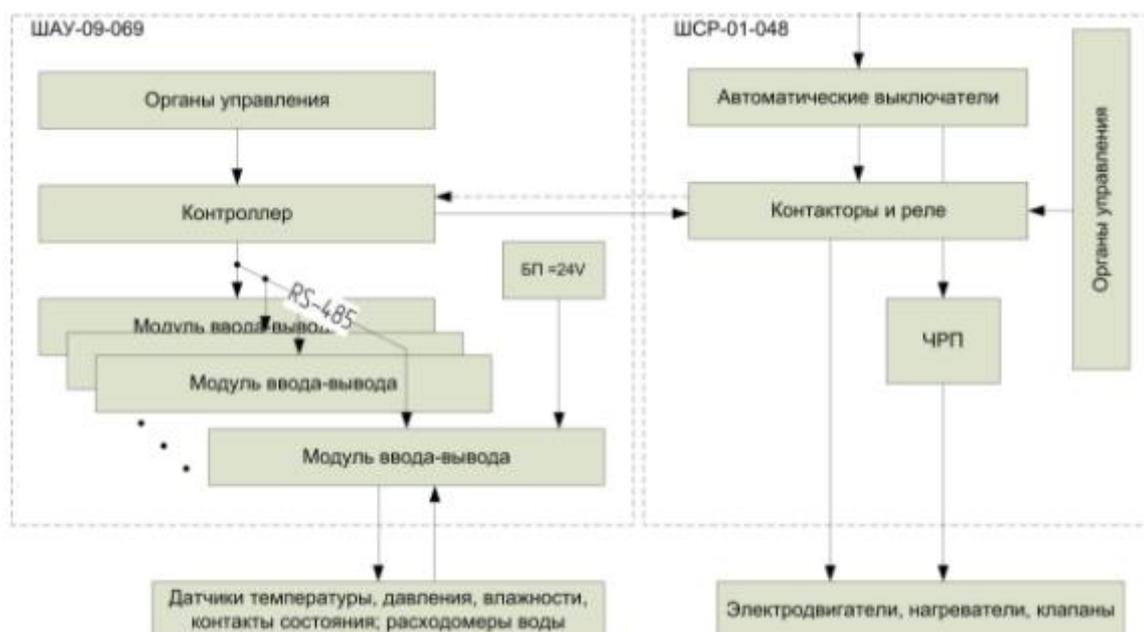


Рисунок 5- Структурная схема системы управления

Сама система состоит из 2-х объединенных металлических шкафов. Одной из них является силовая часть – Шкаф ШСР-01-048 которая состоит из вводного автоматического выключателя и 20 автоматических выключателей. Коммутация осуществляется за счет 6 контакторов.

Другой же является управляющая часть – шкаф ШСР-01-048. Данная часть состоит из графической панели, различных модулей ввода. Для осуществления автоматизации процесса можно использовать программный микропроцессорный контроллер ПЛК110-220.60PM.

Данная система обеспечивает ведение анализа процесса, отображение информации на панели и вывод результатов.

5 Выбор места строительства

Проект предполагается создать при заводе «Тенгизский ГПЗ», расположенном в городе Кульсары, Атырауской области. Потому что на заводе газ добывается и перерабатывается в больших объемах.

Так как этиловый спирт получают из газа, то доставка сырья по ближайшему трубопроводу экологична, экономически выгодна.



Рисунок 6- Предполагаемое местоположение завода

5.1 Генеральный план

Направление генерального плана цеха очень важно и необходимо. В моем генеральном плане указаны места расположения установок, вспомогательные цеха склад, ремонтный отдел, караульные, ТЭС и основные здания административное здание, столовая, пожарная, охрана техники безопасности и центральная цеховая лаборатория, операторский отдел. На рисунке 7 представлено направление плана цеха.

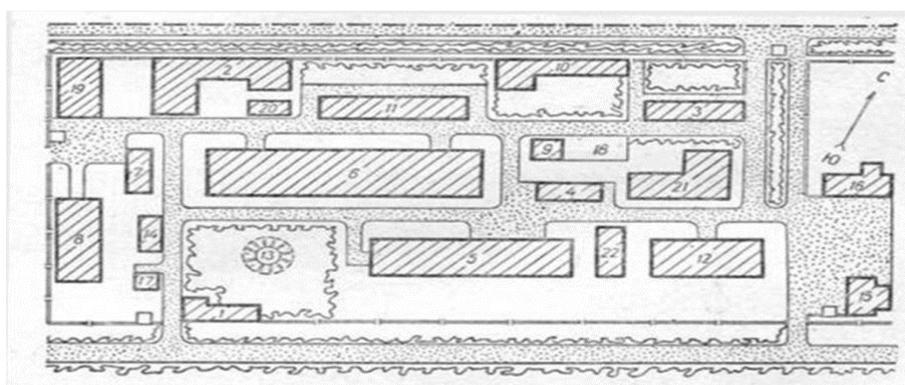


Рисунок 7- Направление генерального плана цеха

1-заводоуправление; 2-ремесленное училище; 3,4,5,8- склад для хранения;6- главный производственный цех ;7,19 – лаборатории;9 – котельная; 10- опытная станция; 11- механическая мастерская;22,12 –заготовительный цех, 13-подземный резервуар;14-столовая; 15 –гараж; 16 – пожарное дело; 17- контрольный пункт;18 – пособный цех; 20,21 – подготовительный цех . В общем, в этом генеральном плане четко обозначены входы и выходы цеха, транспортные пути, юг и север. И в одном из краев генплана установлен флюгер. Он показывает угол и скорость ветра зимой и летом. [19]

6 Охрана труда и техника безопасности

6.1 Пожарная безопасность

Синтетический этиловый спирт относится к пожаро – и взрывоопасному производству. Наряду с этим в цехе используются токсичные и едкие вещества. Основные моменты, определяющие безопасность в цехе:

- наличие сыпучих и газообразных продуктов должно взрываться вместе с воздухом.;
- при высоком давлении (100кгс / см²) и высокой температуре (до 4500с);
- наличие высокого напряжения тока в электрическом движении;
- продуктивное сырье, вспомогательные материалы и продукты;
- значение статистического электрического заряда при транспортировке газов и холодов по аппаратам и трубопроводам;
- в процессе эксплуатации трубопровода.

6.2 Основные правила пожарной безопасности

Пожар или взрыв могут произойти, когда концентрация углеводородов, спирта, диэтилового эфира достигнет порога снизу вверх.

Взрыв или возгорание могут произойти в следующих случаях:

- открытое пламя (при курении или работе с пламенем в цехе) ;
- самовоспламеняющиеся вещества (сернистое железо, сероводород в обрабатываемом газе), а также полимер, образующийся в процессе непрерывной переработки углеводородов);
- от искр, образующихся при ударе металла или камней по металлу;
- искры, образующиеся при работе на электроустановке без образования;
- от статического или атмосферного электрического тока.

Пожарную безопасность следует хранить на территории, в технологических установках, резервных местах отдыха, складах, мастерских, помещениях бытового обслуживания и других зонах.

6.3 Причины промышленного пожара и взрывов на производстве этанола

Процессы гидроочистки этилена, ректификации и очистки спирта протекают в замкнутом и непрерывном режиме. В производственных помещениях при недостаточной мощности установки или аварии образуется газ или пар. Территорию цеха по взрывоопасности относят к классу В – 1А, а наружные установки – к классу В-1г.

Цех относится к категории “А” по взрыво-и пожарной опасности. Потому что все секции имеют 10% или низкий взрывоопасность, а также быстро самовоспламеняющуюся жидкость (температура быстрого самовоспламенения 280С). Все перечисленные вещества являются взрывообразующими добавками. В компрессорной комнате и при разделении ректификации содержится этилен; в

установке и насосе для отделения ацетилен от спирта имеется этиловый спирт и диэтилэфир; в отделении катализатора в качестве топлива используют водную метановую фракцию.[20]

Показатели пожаро-и взрывоопасных веществ в цеховых установках приведены в таблице 4.

Таблица 4- Показатели пожаро-и взрывоопасных веществ в цеховых установках

Вещество	Взрывоопасность,%		Температура,°С	
	Нижняя	Верхняя	Самовозгорания	Зажигания
Метан	15	5	-	537
Этилен	32	3	-	540
Этанол	19	3,6	+13	404
Диэтил. Эфир	49	1,7	-45	164

Если концентрация этих продуктов в воздухе находится в высоких и низких пределах, то существует опасность взрыва и самовозгорания, то есть взрыва. При концентрации этих продуктов выше порога, существует вероятность взрывов и воспламенений.

Расчет количества воды, затрачиваемой на тушение пожара.

Расход воды на тушение внутреннего пожара Q_i , л находим по следующему уравнению:

$$Q_i = n_a q_a t_{\text{тс}}$$

где, n_a -число потоков ($n_a = 3$);

q_a -расход одной проточной воды ($q_a = 3 \text{ л / с}$);

$t_{\text{т}}$ -время, затрачиваемое на тушение пожара ($t_{\text{тс}} = 360 \text{ с}$).

$$Q_i = 3 * 3 * 360 = 3240 \text{ л}$$

7 Экономическая часть

7.1 Расчет капитальных затрат

Таблица 5- Расчет капитальных затрат на оборудование

Наименование оборудования	Кол. Ед. оборуд.	Оптовая цена ед. оборуд, тыс тг	Сумма затрат на приобретение оборудования, тыс.тг	Дополнительные затраты на доставку и монтаж		Сметная стоимость, тыс.тг	Амортизационные отчисления		
					тыс.тг			тыс.тг	
Реактор	1	250 000	250 000	0	75 000	325 000	0	65 000	
Печь	1	210 000	210 000		63 000	273 000		54 600	
Солеотделитель	1	90 000	90 000		27 000	117 000		23 400	
Компрессор	3	42 000	126 000		37 800	163 800		32 760	
Сепарационная колонна	2	125 000	250 000		75 000	325 000		65 000	
Сепаратор	2	46 000	92 000		27 600	119 600		23 920	
Теплообменник	1	38 000	38 000		11 400	49 400		9 880	
Холодильник	1	41 500	41 500		12 450	53 950		10 790	
Абсорбер	1	196 000	196 000		58 800	254 800		50 960	
Насос	2	25 000	50 000		15 000	65 000		13000	
Итого:	15	1 038 500	1 343 500		403 050	1 746550		349 310	
Неучт.обор.5%						87 327.5		7	8 732,75
Техн.вн.труб.15%						261982.5			26 198,25
Произв.инв.1%					17 465.5		7 746,55		
Сил.эл-обор.5%					87 327.5		14 845,7		
КиП 25%					436637,5		74 228,4		
Итого:					2 637 290.5		481 061,65		

Примерные общие капитальные затраты распределяются следующим образом:

Таблица 6-Капиталовложения в проектируемый объект

Элементы основных фондов	Сметная стоим. Основных фондов		Удельные капиталовложения, тыс.тг/т	Годовая сумма амортиз. Отчислений, тыс.тг
	тыс тг	%		
Здания и сооружения	175 680	6	0,179	11 419,2
Оборудование	2 637 290,5	94	14,43	481 061,65
Итого	2 812 970,5	100	14,61	492 480,85

Для одной смены необходимо 16 работников: 4 главных оператора, 8 операторов-технологов и 4 машиниста.

Таблица 7-Расчет фонда заработной платы

Наименование профессий	Кол-во	Тарифный разряд	Годовой фонд зарплаты, тыс. Тг	Премии, тыс. Тг	Годовой фонд зарплаты с учетом премии, тыс. тг
Главный оператор	4	6	3 000	250	3250
Оператор-технолог	8	5	2 400	200	2600
Машинист	4	4	2 220	150	2370
Механик	3	4	2 220	180	2400
Электрик	2	4	1 800	150	1950
Лаборант	1	5	2 160	150	2310
Итого	22				14 880

Расчет затрат на сырье и вспомогательные материалы

Таблица 8-Затраты на сырье

Сырье	Производительность установки по сырью, т/г	Годовой выход	Стоимость, тг/т	Общая стоимость, тыс. Тг
Этилен	363 816	25 000	110000	40 019 760

Таблица 9-Расчет расходов на энерго-ресурсы и топливо

Электроэнергия и топливо	Производительность установки, т	Годовой расход	Цена	Суммарная стоимость
1 Водяной пар	25 000	130 700	527,97	69005679
2 Электроэнергия		79 167	263,44	20855754,5
3 Вода		54 200	8225,47	445820474
Итого				535681908

Таблица 10-Себестоимость продукта

Продукт	Выход, т	Себестоимость		Цена	
		1т,тг	Сумма, тыс тг	1 т,тг	Сумма, тыс. Тг
Этанол	25000	15000	375000	18000	450 000

Таблица 11-Технико-экономические показатели установки

Основные показатели, единица измерения	Значение
Производительность установки, т/год	25000
Эффективный фонд времени работы оборудования, ч/год	8520
Количество работников, человек	22
Зарботная плата, тг	14 880 000
Капитальные затраты, тыс. тг в том числе:	2 812 970,5
здания и сооружения	175 680
оборудование	2 637 290.5
Стоимость продукта, тг/т	18000
<i>Продолжение таблицы 11</i>	
Общая прибыль, тыс тг	450000
Рентабельность производства, %	15
Срок окупаемости, лет	6

$S_{ок} = \text{капиталовложения} / \text{прибыль} = 2\,812\,970\,500 / 450\,000\,000 = 6 \text{ лет}$

$\text{Рент} = (\text{Пр} / C_{пол}) \times 100 \% = 15\%$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе данного проекта были изучены такие вопросы как: почему прямая гидратация этилена является наиболее перспективным способом получения этилового спирта, каким образом осуществляется синтез. В работе описывается технология прямой гидратации, ее преимущества над другими способами, а также технологические параметры для проведения процесса. В ходе работы были рассмотрены свойства катализаторов и выбор нужного катализатора для данной технологии. Также был произведен расчет основного аппарата – гидрататора, который характеризует, основные размеры установки, механические характеристики.

В результате проекта была предложена установка с производительностью в 25000 тонн в год, с использованием фосфорной кислоты в качестве катализатора.

Несмотря на то, что производство этанола является устоявшимся промышленным процессом, модель процесса недостаточно развита. Рекомендуется провести дальнейшие исследования для разработки эффективной системы на основе моделей, которые управляют динамикой процесса, т. е. каталитический реактор с неподвижным слоем для производства этанола, а также использование нового катализатора практически не имеющих недостатков.

Необходимо провести несколько работ по моделированию и оптимизации с использованием предложенных методов на основе моделей или систем управления технологическим процессом, чтобы получить лучший выход, качество продукции, а также гибкость и более низкое капиталовложение при производстве этанола.

Я верю, применение выше предложенной технологии в Казахстане для получения этанола заметно улучшит состояние нефтехимической отрасли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бардик Д.Л., Леффлер У.Л. Нефтехимия, пер. с англ. — М.: ЗАО «Олимп—Бизнес», 2001. — 416 с.: ил.
- 2 “Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза” Книги Химия Автор: Лебедев Н.Н. Год издания: 1988
- 3 Лацинский А,А, Толчинский А,Р, Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Л.: Машиностроение, 1970. -752 с..
- 4 Валакин В,П, Установка гидратация этилена. М.: Химия, 1997. -342с.
- 5 Касаткин А,Г,, Плановский А.Н. Процессы аппараты промышленности органического синтеза. М.: Ред.хим. Лит., 1939. -206с.
- 6 Адельсон С. В., Вишнякова Т. П., Паушкин Я. М. Технология нефтехимического синтеза : учебник для вузов. 2-е изд., М. : Химия, 1985. 608 с
- 7 Bristow, M. (2009). Chemical Industry News & Intelligence (ICIS.com). INEOS restart synthetic ethanol unit at Grangemouth, ICIS News
- 8 Валакин В,П, Получение синтетического этилового спирта. М.: Химия, 1976. -205с.
- 9 Тимофеев В. С., Серафинов Л. А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза : учеб. пособие для вузов. 2-е изд., М. : 2003г., 536 с. (Высшая школа).
- 10 <https://nomnoms.info/proizvodstvo-etilovogo-spirita-iz-nepischevogo-syrya/>
- 11 Название: Органическая химия Автор: Степаненко Борис Николаевич Издательство: МЕДГИЗ Год издания: 1957
- 12 Юкельсон И. Ю. Технология основного органического синтеза. М. : Химия, 1968. 848 с
- 13 Y. Maki, K. Sato, A. Isobe, N. Iwasa, S. Fujita, M. Shimokawabe, and N. Takezawa, “Structures of H₃PO₄ / SiO₂ catalysts and catalytic performance in the hydration of ethene,” Appl. Catal. A Gen., vol. 170, pp. 269–275, 1998
- 14 N. Katada, Y. Iseki, A. Shichi, N. Fujita, I. Ishino, K. Osaki, T. Torikai, and M. Niwa, “Production of ethanol by vapor phase hydration of ethene over tungsta monolayer catalyst loaded on titania,” Appl. Catal. A Gen., vol. 349, no. 1–2, pp. 55–61, Oct. 2008
- 15 A. Chauvel and G. Lefebvre, Petrochemical processes. 1. Synthesis-gas derivatives and major hydrocarbons. Gulf Publishing Company, 1989, p. 600
- 16 Сафаров А. Р. Расчет материального баланса прямой гидратации этилена и конструкционных размеров гидрататора // . 2015. № 3. С. 298 – 305.
- 17 Кононова Г.Н., Сафонов В.В. Производство этилового спирта прямой гидратацией этилена, Издание 3-е, перераб. - М.: МИТХТ им. М. В. Ломоносова, 2006. - 26 с.
- 18 2020_18.03.01_ХиХТ_НФ_Юрманов_Павел_Валерьевич.docx
- 19 Генеральный план - Техническое черчение (nacherchy.ru)

20 Макаров Г.В. Охрана труда в химических производствах. М.: Химия, 1976. -204с.

21 Касаткин А,Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1960. -830с.