

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

М.В.Кравцова, Т.П.Гущина

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ 2»**

Тольятти 2020

УДК 66.011

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Технологии переработки и утилизации отходов 2»: методические указания / Кравцова М.В., Гущина Т.П. – Тольятти: изд-во, 2020. – с.

Методические указания предназначены для выполнения курсовой работы по дисциплине «Технологии переработки и утилизации отходов».

Методические указания для бакалавров направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии профиля «Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов».

Методические указания могут быть полезны химикам-технологам, экологам на предприятиях химического и нефтехимического профиля.

УДК 66.011

Содержание

Введение	4
1 Пояснения к выполнению работы	6
1.1 Порядок расчета материальных балансов	6
1.2 Варианты расчета материальных балансов	9
2 Пример выполнения курсовой работы	11
2.1 Описание технологической установки	11
2.2 Расчет материального и энергетического балансов процесса получения этилена	24
2.3 Анализ преимуществ предлагаемой технологии	30
Заключение	33
Список используемой литературы.....	34
3 Пример №2 выполнения курсовой работы	35
4 Требования к оформлению курсовой работы	63
4.1 Порядок выполнения курсовой работы	63
4.2 Оформление	65
Приложение А	72
Приложение Б	73

Введение

Методические указания предназначены для выполнения курсовой работы по дисциплине «Технологии переработки и утилизации отходов».

Методические указания для бакалавров направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии профиля «Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов».

Методические указания могут быть полезны специалистам-технологам, инженерам-химикам и экологам на предприятиях химического и нефтехимического профиля.

Цель курсовой работы – формирование практических навыков организации использования энерго- и ресурсосберегающих процессов на предприятиях химического, нефтехимического и биотехнологического профилей.

Задачи:

1. Обосновать выбор энерго- и ресурсосберегающего процесса (установки) на предприятии.
2. Провести расчет материального и энергетического (если предусмотрено технологическим процессом) балансов для выбранной технологии.
3. Предоставить преимущества выбранной технологии (экономическое, экологическое обоснование).

Выполнение данной работы является обобщающим и заключительным этапом подготовки студента к профессиональной деятельности в качестве специалистов инженеров по ресурсосбережению и химиков-технологов. Выполнение работы способствует умению использования полученных ранее знаний и навыков на профильных дисциплинах, а также расширяет теоретические и практические навыки у студента для самостоятельной

предложения внедрения прогрессивных технологических процессов на предприятиях.

Одной из главных задач любой технологии являются материальные и тепловые балансы. Балансы считаются основой всех технологических расчетов, с помощью которых определяются важнейшие размеры и число аппаратов, необходимых для осуществления процесса при заданной производительности.

Трудности расчета возрастают для технологических процессов с рециркуляцией материальных потоков, которая широко применяется в промышленной практике, так как очень часто максимальная производительность оборудования достигается не при полной конверсии, а при каком-то оптимальном ее значении. Некоторые же процессы протекают в таких условиях, когда полная конверсия вообще не может быть достигнута по термодинамическим причинам или вследствие химического связывания части сырья образующимися продуктами реакции. В этих случаях исходный продукт, полностью или частично выделенный из реакционной смеси, может направляться снова в реактор. В многостадийных процессах, осуществляемых в нескольких реакторах, наряду со свежей загрузкой, в тот или иной реактор на переработку могут быть направлены аналогичные продукты последующих стадий, что приводит к сложной системе рециркуляции потоков и еще более затрудняет расчет. На переработку могут быть направлены аналогичные продукты последующих стадий, что приводит к сложной системе рециркуляции потоков и еще более затрудняет расчет.

1 Пояснения к выполнению работы

1.1 Порядок расчета материальных балансов

Выполнение расчетов по составлению материальных, тепловых балансов и балансов времени требует ясного представления о существе процессов, протекающих на различных стадиях в том или ином аппарате, а при сложном составе и рециркуляции перерабатываемых материалов - еще и соблюдения определенной последовательности. Целесообразно придерживаться следующего порядка:

1. Изобразить технологическую схему и составить перечень операций (для периодического процесса), из которых складывается полный цикл работы аппаратов.

2. Составить диаграмму материального и теплового балансов с нанесением на них всех известных числовых данных о количествах и составах потоков.

3. Составить уравнения химических процессов, протекающих в аппаратах, с указанием доли исходного вещества, расходуемого по каждой реакции (основной и побочным), и тепловых эффектов реакций.

4. Выбрать единицы расчета; подобрать физические, химические константы, технологические данные, необходимые для расчета.

5. Произвести расчет баланса времени (для периодического процесса).

6. Произвести расчет материального баланса.

7. Рассчитать тепловой баланс.

Таким образом, прежде всего, нужно составить технологическую схему процесса, причем необходимо тщательно проанализировать возможные ее варианты и выбрать оптимальный.

Эту схему можно выполнить в виде наброска, но достаточно подробного. На ней должны быть нанесены все без исключения линии материальных потоков, как основных, вспомогательных, второстепенных. Линии желательно охарактеризовать, указав известные данные о составах и

величинах потоков, а также температуры и давления. Когда все это представлено на схеме, легко установить, какие недостающие величины подлежат определению расчетным путем. Далее необходимо составить диаграммы материальных и тепловых балансов, а для периодических процессов и перечень операций полного цикла работы.

При отсутствии рециркуляции диаграммы можно изображать упрощенно. Материальные или тепловые потоки, приходящие в аппарат, изображают прямыми линиями, сходящимися в одной точке, а уходящие из аппарата - прямыми линиями, расходящимися из одной точки. На таких диаграммах необходимо указывать все без исключения приходные и расходные статьи баланса, даже в том случае, если впоследствии некоторыми из них (второстепенными, незначительными) можно будет и пренебречь. Составление диаграмм балансов очень облегчается наличием хорошо выполненной технологической схемы.

Для процессов с рециркуляцией потоков диаграммы лучше выполнять не линиями, а полосами, ширина которых в известной мере, количественно характеризует величины потоков.

Следующим этапом расчета балансов является составление уравнений всех химических реакций, протекающих в аппаратуре. При этом каждое уравнение должно включать и тепловой эффект реакции.

В результате проделанной в указанном порядке работы можно установить, какие значения отдельных статей балансов нуждаются в определении, и выяснить, какие математические соотношения из заданных, известных или постоянных величин надо составить для нахождения неизвестных значений. При этом одновременно выясняется, какие физические, химические константы и технологические данные необходимо собрать, чтобы произвести расчет. Кроме того, на данном этапе расчета следует обсудить и наметить наиболее выгодные условия работы проектируемого аппарата. Дело в том, что можно задаваться многими условиями, например температурой охлаждающей воды, видом охлаждения

(рассольное или водяное), рабочим давлением в разделительных системах и т. д., но следует принимать во внимание конкретную обстановку и результаты тщательного анализа.

Выбор единиц расчета производится в зависимости от характера процесса. Для материальных балансов непрерывных процессов чаще всего в качестве единицы расчета принимают кг/ч, или кг/с, для тепловых – кДж/ч, или кДж/сек (кВт). При периодических процессах соответственно кг/цикл или кДж/цикл. Иногда расчеты выполнять удобнее, пользуясь молярными единицами кмоль/ч, кмоль/с. В сложных случаях приходится по ходу расчета применять разные единицы.

Последним этапом в подготовке к расчетам балансов является подбор необходимых констант и данных из литературных источников и материалов соответствующих производств. В разных литературных источниках данные могут быть выражены как в системе СИ, так и в МКГСС, поэтому нужно сразу же произвести пересчеты на СИ размерности. Кроме того, часть данных может быть приведена в неявном виде (графики, формулы и т. п.). В этом случае следует отыскивать интересующие величины путем решения соответствующих уравнений, графической интерполяции и другими приемами. Все полученные после обработки единообразные данные рекомендуется записать в виде таблицы.

Для расчета периодических процессов, как уже указывалось, необходим еще и баланс времени. Полный цикл работы периодически действующего аппарата складывается из целого ряда последовательных операций. Например, для периодически действующей ректификационной колонны характерны следующие повторяющиеся в каждом цикле операции: подготовка колонны к загрузке, загрузка, прогрев и работа без отбора, отбор 1 фракции, 2 фракции и т. д., удаление кубовых остатков, проверка состояния колонны, мелкий ремонт. Возможен также простой колонны между двумя циклами. Все операции необходимо учесть и записать, как отдельные статьи баланса времени, каждая из которых будет использована для нахождения нужных

величин, в частности размеров аппаратов. Так, на основании времени, принятого для загрузки колонны, следует рассчитывать диаметр штуцера питания. Располагая всеми нужными соотношениями между известными и неизвестными величинами, входящими в отдельные статьи балансов, а также необходимыми константами и другими величинами, можно приступать непосредственно к основным расчетам материальных и тепловых балансов.

1.2 Варианты расчета материальных балансов

Вариант 1

Расчет материального баланса в случае, когда заданы ориентировочно годовой выпуск изделий и их ассортимент.

Цель – определение точных затрат сырьевых материалов и полуфабрикатов, необходимых для оценки экономических показателей.

Вариант 2

Расчет материальных балансов при реконструкции, модернизации производства, связанных с увеличением производительности за счет изменения количества стеклоформирующих агрегатов или замены их более высокопроизводительными.

Цель – исчисление затрат на производство.

Вариант 3

Расчет материальных балансов при реконструкции, модернизации, связанных с увеличением производительности за счет увеличения мощности производства.

Цель – связать данную мощность с количеством стеклоформирующих агрегатов и определить затраты сырьевых материалов и полуфабрикатов.

Структура курсовой работы по дисциплине «Технологии переработки и утилизации отходов 2» включает в себя следующие разделы:

Титульный лист (Приложение А)

Задание (Приложение Б)

Содержание курсовой работы:

Введение

1 Описание технологической установки / процесса (технологическая схема, стадии технологического процесса, технологические показатели).

Обоснование выбора

2 Расчет материального и энергетического (если предусмотрено технологическим процессом) балансов

3 Анализ преимуществ предлагаемой технологии

Заключение

Список используемых источников

2 Пример выполнения курсовой работы

2.1 Описание технологической установки

При производстве этилена используется пиролиз парафиновых и нафтеновых углеводородов, а также дегидратация этилового спирта.

Кроме того, этилен получают в качестве побочного продукта при термической переработки твердого топлива, термическом и каталитическом крекинге нефти и др [2].

2.1.1 Получение этилена

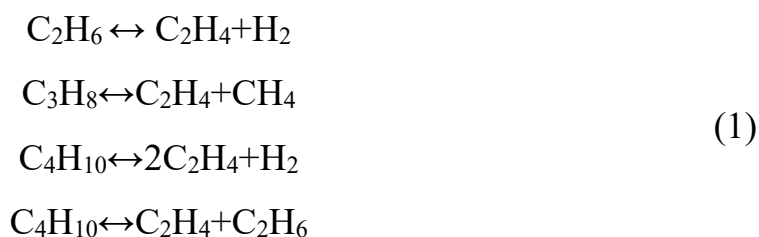
2.1.1.1 Пиролиз предельных углеводородов

Использование высокотемпературного термического расщепления некоторых углеводородов является одним из основных промышленных методов производства этилена.

Существуют различные способы подводов тепла:

1. Пиролиз, происходящий в трубчатых печах.
2. Гомогенный пиролиз.
3. Автотермический пиролиз.
4. Применение твердых теплоносителей [1].

В формуле 1 приведены примеры реакций получения этилена.



Принципиальные схемы и режимы различных процессов пиролиза приведены на рисунке 1. В таблице 1 приводятся результаты производства этилена в России.

Таблица Принципиальные схемы и режимы установок пиролиза для получения этилена

Пиролиз в трубчатых печах	Гомогенный пиролиз	Автотермический пиролиз	С применением твердого теплоносителя	
			песок	кокс
Принципиальная схема				
Метод передачи тепла				
Через стенку	Смешение с перегретым паром	Непосредственный контакт с продуктами горения	Непосредственный контакт с твердым теплоносителем	
Сырье				
Этан, пропан, легкий и тяжелый бензины	Легкий бензин	Легкий бензин, нефть	Нефть	
Весовое соотношение пар:сырье				
0,3—1:1	2—2,5:1	2,0:1	0,7—1:1	—
Конечная температура, °С				
740—820	720—750	800	720—850	700
Время контакта, сек				
1—2	1—2	1,3·10 ⁻²	0,4—0,6	3—4

Рисунок 1 - Принципиальные схемы и режимы различных процессов пиролиза приведены в таблице

Таблица 1 - Производство этилена в России

Название завода	Процентное соотношение, %
1 Ангарский завод полимеров	8,3
2 Газпромнефтехим Салават	9,6
3 Казаньоргсинтез	15,4
4 Нефтехимия	2,2
5 Нижнекамск-нефтехим	25,0
6 Сибур-нефтехим	10,2
7 Сибур-Химпром	1,4
8 Ставролен	13,4
9 Томск-нефтехим	10,4
10 Уфаоргсинтез	3,9

2.1.1.2 Каталитическое гидрирование ацетилена в этилен

В производстве этилена существует процесс его получения путем гидрирования ацетилена.

Получение этилена путем гидрирования ацетилена описано реакцией 2:



Оптимальная температура процесса должна находиться в пределах от 180 до 320 °С.. Данный промежуток температуры зависит от выбранного катализатора. Данный процесс изображен на рисунке 2.

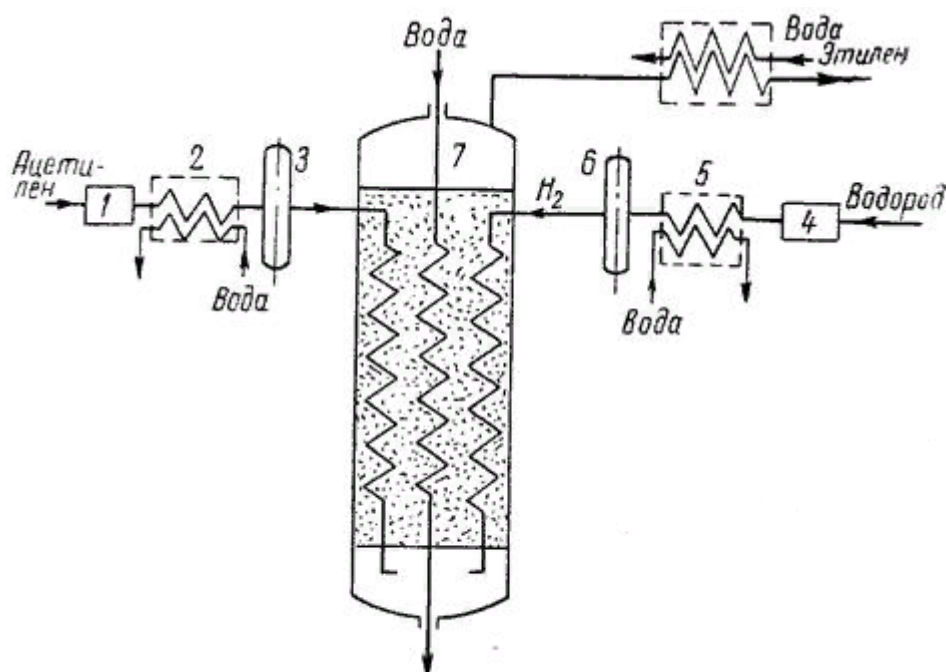


Рисунок 2 - Принципиальная схема установки

Полученный из карбида кальция ацетилен сжимают в компрессорной установке 1 до давления равного 1,5-2 атмосферы. Далее в холодильной установке 2 охлаждают и очищают в адсорбере 3 с помощью твердого адсорбента. В качестве адсорбента выбирают алюмогель. Очищение проводят для того, чтобы отделить пары масла, так как они являются ядом для катализатора.

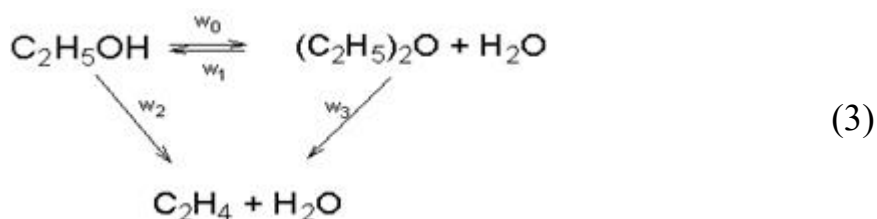
Далее ранее подготовленный водород на стадии газоразделения с чистотой 96-98 % сжимают в компрессорной установке 4. В холодильнике номер 5 происходит охлаждение смеси, после чего в адсорбере 6 также сушат и отделяют пары масел. Подогретый водород и ацетилен поступают в реактор 7. Подогрев происходит за счет тепла реакции, но в большинстве случаев тепловую энергию поддерживают с помощью теплообменников. Нужный режим температуры поддерживают автоматической системой, суть которой состоит в том, чтобы происходила непрерывная подача охлаждающей воды в трубки теплообменника реактора.

Данный процесс гидрирования ацетилена введется при избытке водорода. Ацетилен гидрируется почти полностью. Как катализатор в данном процессе используется палладий, предварительно нанесенный на слой силикагеля. По массе содержание палладия не должно превышать 0,01 от массы всего катализатора. Время действия катализатора около 1 года при условии, что реактор работает непрерывно [10].

2.1.1.3 Дегидратация этилового спирта

При получении небольшого количество этилена (до 3000 т/год) применяется дегидратация этилового спирта. Применяя данный способ, в США в середине прошлого века было получено около 15 тысяч тонн этилена.

Данный процесс дегидратации этанола изображен реакцией 3:



Активированная окись алюминия применяется как катализатор. В виде катализатора так же можно взять алюмокремниевые соединения. Дегидратация происходит при соблюдении температуры в пределах от 300 до 400 °С.

На рисунке 3 изображена схема дегидратации этанола.

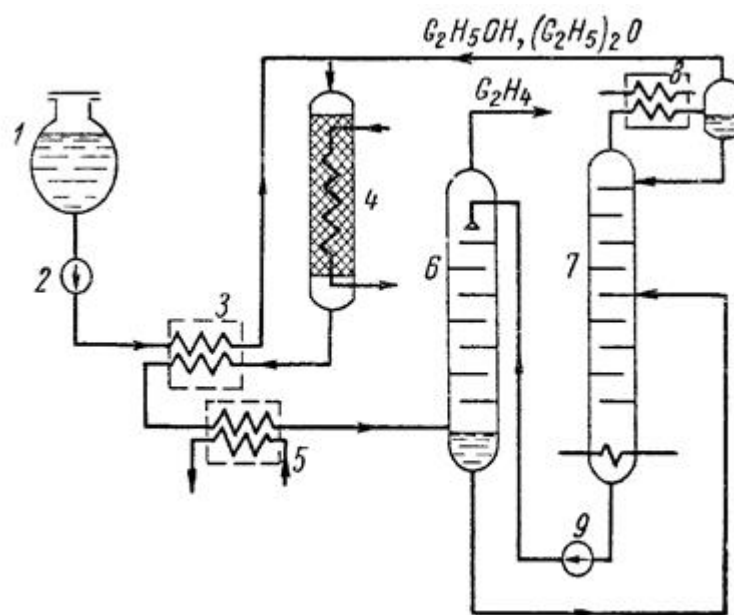


Схема установки дегидратации этанола.

Рисунок 3 – Схема установки дегидратации этанола

Этанол подают из емкости 1 с помощью насоса 2 чрез теплообменные трубы 3 в реактор 4. Температуру поддерживают с помощью дымовых газов. Продукты реакции в виде этилена, этилового спирта и диэтилового эфира повторно проводят через теплообменник 3 и конденсируют воду, этанол, и диэтиловый эфир в конденсаторе 5.

В ректификационном колоне 6 смесь делят на газовую и жидкую фазы. Газовая фаза состоит из этилена. После сушат и очищают твердым сорбентом. После чего ее направляют к потребителю.

Жидкую фазу подают в колонну 7, где конденсируют ее с помощью оросителя 8. В колонне смесь разделяется на верхние и нижние фракции. Нижняя фракция состоит из воды, а верхняя из этилового спирта и диэтилового эфира. Далее верхнюю фракцию подают в реактор 4, а нижнюю с помощью насоса 9 перекачивают в адсорбер 6. В данном методе получения этилена достигается полное превращение этилового спирта в этилен [5].

2.1.1.4 Получение этилена из нефтезаводских газов

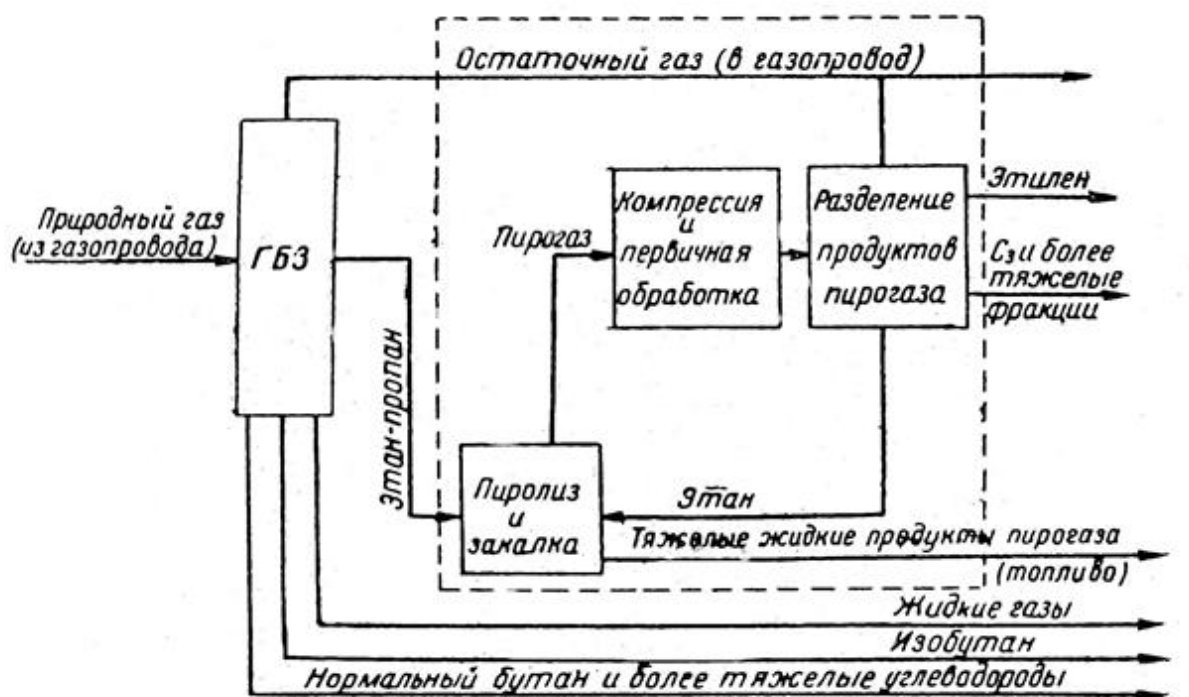
При термическом и каталитическом крекинге выделяются газы, содержащие 2 -2,5 % этилена.

Схема получения этилена из термических и каталитических газов изображена на рисунке 4. Из блок-схемы видно, что нефтезаводские газы очищаются, компрессуются и сушатся на первоначальной стадии. Перед компрессором к общему потоку газов присоединяется газ пиролиза, содержащий около 35 % этилена. После компрессора выделяют тяжелые углеводороды и осушают смесь. После чего поток подают на газоразделение. После стадии газоразделения основным продуктом реакции является этен, а углеводороды в виде этана и пропана возвращаются на стадию пиролиза [8].

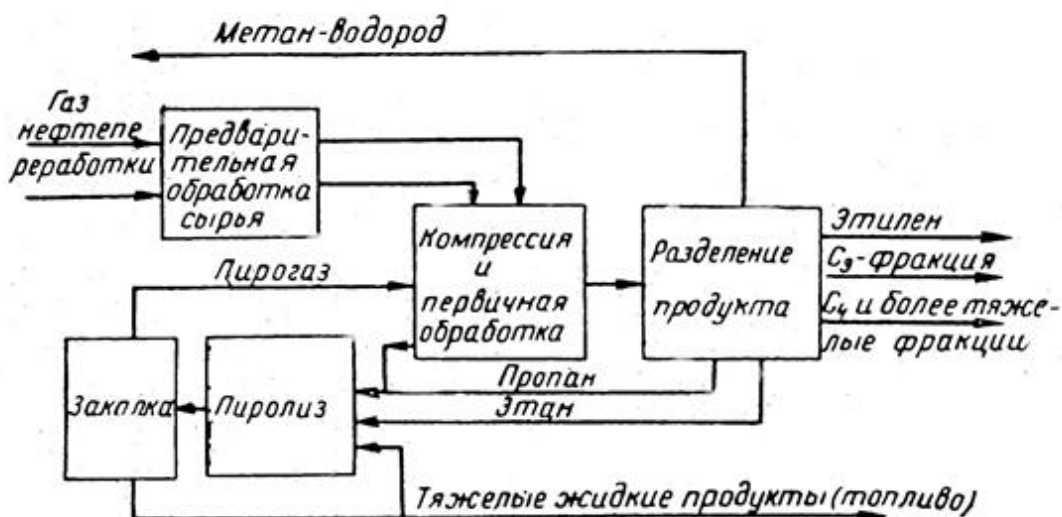
В химической промышленности получили распространение следующие методы разделения этилен-содержащих газов: низкотемпературная ректификация, абсорбция, адсорбция. Кроме того, для извлечения этилена из смесей углеводородных газов с другими компонентами нашла некоторое применение хемосорбция [10].

Применяемые в промышленности методы разделения отличаются главным образом технологией процесса извлечения. Подготовка пирогаза к разделению осуществляется в основном одними и теми же методами, но несколько изменяется в зависимости от метода получения исходного газа, его состав, метода извлечения и состава конечного продукта. Фракционирование всегда проводят методом ректификации независимо от метода извлечения. Поэтому установки разделения углеводородных газов классифицируются по методам, которыми осуществляется процесс извлечения.

Для получения чистого продукта необходимо многократное повторение операции разделения, потому что этилен ни при конденсации, ни при адсорбции или абсорбции не переходит один в жидкую фазу или адсорбент, а также не остается один в газовой фазе. Сначала всегда получают концентрированную смесь, которую в дальнейшем подвергают фракционировке.



а



б

Рисунок 4 - Блок-схема процесса получения этилена из природных газов

Переработке подвергаются газы, содержащие этилен больше 10 %. При использовании газа с более низкими концентрациями вынужденной мерой является использование абсорбционных, адсорбционных и низкотемпературных методов с целью обогатить газ.

Используемые газы для получения этилена могут быть очень разнообразными. В их состав могут входить водород, бензол, азот, углекислый газ [7].

2.1.1.5 Получение этилена путем олигомеризации оксида углерода (процесс Фишера-Тропша)

Процесс Фишера-Тропша представляет собой химическую реакцию, которая происходит в присутствии катализатора, где оксид углерода и водород преобразуется в различные углеводороды. Иначе смесь оксида углерода и водорода называется синтез-газ.

Катализаторами процесса выступают такие металлы как рутений, кобальт, железо, никель.

Назначение процесса: Данный метод используется при производстве синтетических углеводородов для использования в качестве синтетического топлива или смазочного материала [9].

Химизм процесса: Происходит восстановительная олигомеризация оксида углерода. Данный процесс описывается формулой 4:



На рисунке 5 изображена принципиальная схема процесса синтеза Фишера-Тропша.

Принципиальная схема процесса синтеза Фишера-Тропша

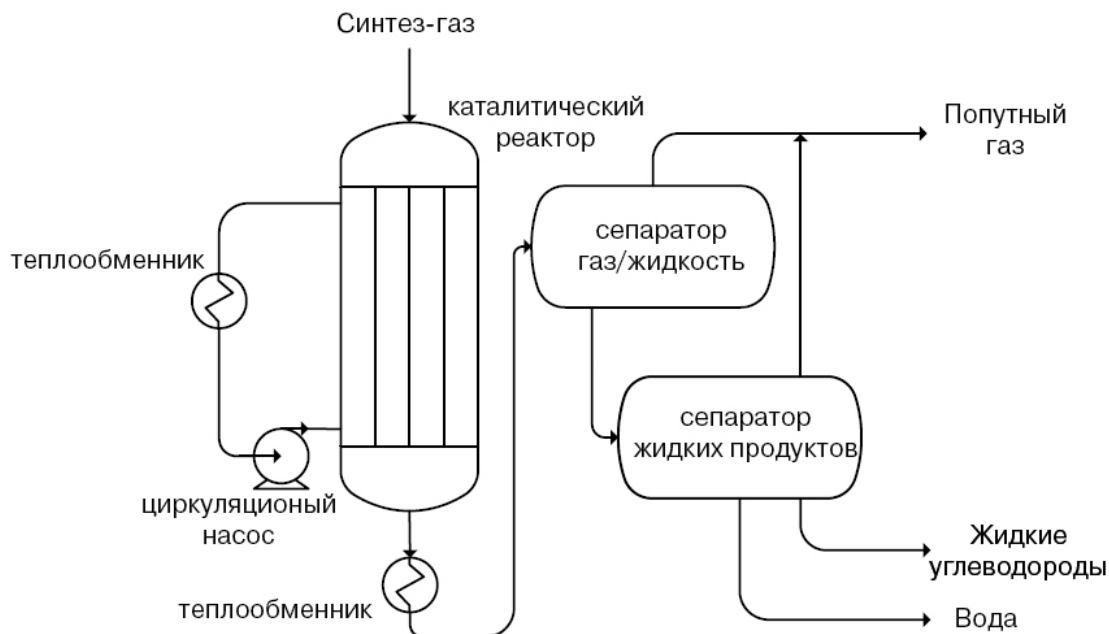


Рисунок 5 - Принципиальная схема процесса синтеза Фишера-Тропша

2.1.2 Физико-химические свойства этилена

Этилен, его еще называют этен, является легким бесцветным газом, имеющий слабый эфирный запах. При температуре равной минус 103,8 °С этен переходит в сжиженное состояние. Плотность данного газа равняется 1,26 кг/м³. К сожалению, из-за своих физических характеристик транспортировку жидкого этилена в России применяют очень редко, в связи с высокой стоимостью оборудования для перевода газообразного вещества в жидкое состояние и транспортировки этилена [11]. Предпочтительнее всего использование этилена в тех случаях, когда предприятия связаны между собой специальными трубопроводами. В связи с вышеперечисленными причинами, производство этена идет только на внутривзаводское потребление [4].

На сегодняшний день в России проведено около 1000 км трубопроводов, предназначенных для перегонки этилена. Данные трубопроводы находятся в Татарстане и Башкортостане. На всем расстоянии трубопроводов находятся бункерных хранилища.

Этилен является взрывоопасным веществом. Предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе равняется 3 мл/м³, в воздухе рабочей зоны равняется 100 мг/м³[3].

2.1.3 Химические свойства

При переработке этилена в промышленных масштабах органического синтеза наиболее распространены такие химические процессы, как полимеризация, окисление, хлорирование, гидратация, нитрование и алкилирование.

При гидратации этилена получается этанол. При окислении этилена кислородом или воздухом в присутствии оксида серебра при температуре от 200 до 300 градусах Цельсия образуется окись этилена. При использовании жидкофазного окисления этилена кислородом в водных растворах PdCl₂ и CuCl₂ при температуре равной 130 °С и давлении равном 0,3 МПа происходит образование ацетальдегида. В таких же условиях только в присутствии уксусной кислоты образуется винилацетат.

Этилен известен как алкилирующий агент, применяемый при алкилировании бензола. Данный процесс проводят в газовом состоянии при температуре равной 400-450 °С и давлении 1,4 МПа при участии хлорида алюминия в неподвижном слое катализатора. Катализатор полностью пропитан фосфорной кислотой. В качестве катализатора можно использовать цеолиты.

При полимеризации примеси, содержащиеся в этилене, делятся на активные и инертные примеси. В присутствии активных примесей происходит присоединение макромолекул полиэтилена (ацетилен), сополимеризация с этиленом (пропилен), запуск полимеризации (кислород) и обрывание растущих цепей полиэтилена (водород, сероводород).

При присутствии инертных примесей (например, пропан) происходит только разбавление этилена.

Рециркулирующий (возвратный) этилен может содержать также эфиры и альдегиды, которые при окислении чаще всего ведут себя активные примеси.

2.1.3.1 Галогенирование

Галогенирование (электрофильное присоединение). При галогенировании этилен вступает в реакцию с галогенами. В качестве галогенов может выступать хлор, бром, фтор, йод. Результатом реакции с бромом служит обесцвечивание бромной воды. Галогенирование описывается реакцией 5:



Процесс галогенирования этена возможен и при нагревании (300 °C).

В результате данной реакции разрыв двойной связи не происходит, и реакция протекает по механизму радикального замещения. Данный процесс описывается реакцией 6:



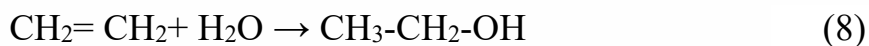
2.1.3.2 Гидрогалогенирование

Происходит взаимодействие этилена с галогенводородами (HCl, HBr) в результате чего образуется галогенпроизводные алканы. Данный метод описывается реакцией 7:



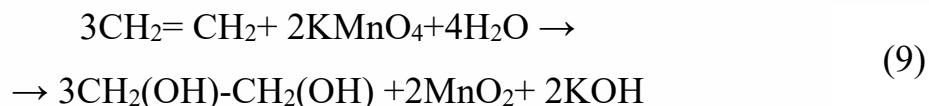
2.1.3.3 Гидратация

При гидратации этилен взаимодействует с водой в присутствии неорганических кислот. В результате чего образуется предельный одноатомный этанол. Данная реакция описывается формулой 8:



2.1.3.4 Окисление

Этен является легкоокисляемым соединением. Если этен пропустить через перманганат калия, то раствор обесцветится. Данную реакцию используют для определения предельных и непредельных соединений. В результате окисления образуется этиленгликоль. Данная реакция отображена в формуле 9:



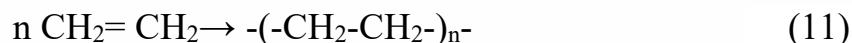
2.1.3.5 Гидрирование

Восстановление этилена водородом происходит с образованием представителей ряда алканов. Реакция гидрирования протекает по радикальному механизму в присутствии катализаторов, например никеля, платины, палладия. Одни из главных условий протекания реакции является процесс нагревания реакционной смеси. Реакция отражена формулой 10:



2.1.3.6 Полимеризация

Процесс полимеризации обозначает образование высокомолекулярного соединения. Данный процесс происходит в присутствии кислот или радикалов и описывается уравнением 11:



2.1.3.7 Горение

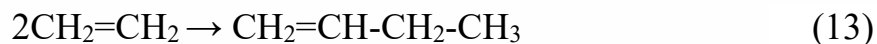
Реакция горения прописывается формулой 12:



2.1.3.8 Димеризация

В процессе димеризации происходит образование совершенно нового соединения путем взаимодействия двух молекул, переходящих в комплекс,

который уравнивает слабые и ковалентные связи. Димеризация описывается реакцией 13 [6]:



2.1.4 Применение

Этилен является очень важным сырьем для производства различных синтетических продуктов. К ним можно отнести этиловый спирт, окись этилена, этиленгликоль. Иногда при автогенной сварке используют этилен.

Использование этена подтверждают его химические свойства. Так как этилен по своим химическим свойствам схож с типичными представителями олефинов, он имеет высокую реакционную способность. Особенно его свойства проявляются в реакциях электрофильного присоединения. Этилен занимает важное место в нефтехимической промышленности. Его используют как мономер для получения всем известного полиэтилена, который является самым крупнотоннажным полимером в мире. На практике в производстве полиэтилена используют этилен с чистотой не менее 99,9 %.

Используется так же в производстве стирола, полипропилена, и других сополимеров. В производстве синтетических смазочных масел используются олигомеры этилена.

В медицине смесь этилена и кислорода применяют для наркоза.

Так же этен используется в качестве регулятора роста растений при ускорении созревания плодов.

Кроме всего этого, этилен используется при изготовлении моющих средств и синтетических смазочных материалов.

Этилен также используют в обувной промышленности, особенно это замечено в производстве спортивной обуви.

Что касается автомобильной промышленности, то и здесь этилен находит применение в виде добавки при производстве автомобильных покрышек и при производстве специального стекла [2].

2.2 Расчет материального и энергетического балансов процесса получения этилена

2.2.1 Материальный баланс

Исходные данные:

При процессе синтеза Фишера-Тропша подают угарный газ, содержащий 5 % примеси углекислого газа. Угарный газ подают с избытком $\alpha=1,1$. Водород содержит 8 % азота и 7 % аммиака. Конверсия водорода 67 %. Реакцию проводят при 100 °С.

Реакция данного процесса описывается формулой 14:



Таблица 1 - Значения молекулярных масс основных веществ, участвующих в реакции

Вещество	Молярная масса, г/моль
Угарный газ (CO)	28
Углекислый газ (CO ₂)	48
Водород (H ₂)	2
Азот (N ₂)	28
Аммиак (NH ₃)	17
Этилен (C ₂ H ₄)	26
Вода (H ₂ O)	18

Производительность $G = 1,5$ т/сутки;

Время работы оборудования в сутках $t = 24$ часа.

Расчёт материального баланса:

1) Найдём среднечасовую производительность производства по водороду по формуле 15:

$$G_{\text{ср. ч.}} = G \cdot 1000 / t, \quad (15)$$

где G – производительность, т/сутки;

1000 – перевод из тонн в килограммы;

t – время работы оборудования в сутках, ч.

$$G_{\text{ср. ч.}} = 1,5 \cdot 1000 / 24 = 62,5 \text{ кг/ч}$$

2) Рассчитаем массу и объем водорода, подаваемого в реактор по формулам 16 и 17:

$$m_{\text{H}_2} = G_{\text{ср. ч.}} \cdot \chi, \quad (16)$$

где χ – конверсия водорода, %.

$$m_{\text{H}_2} = 62,5 \cdot 0,67 = 41,9 \text{ кг}$$

$$V_{\text{H}_2} = (m_{\text{H}_2} \cdot V_m \cdot n_{\text{H}_2}) / a_{\text{H}_2}, \quad (17)$$

где V_m – молярный объем, $\text{м}^3/\text{кмоль}$;

n_{H_2} – стехиометрический коэффициент молекул водорода;

a_{H_2} – количество атомов водорода.

$$V_{\text{H}_2} = (41,9 \cdot 22,4 \cdot 4) / 8 = 469,2 \text{ м}^3$$

3) Рассчитаем массу и объем не прореагировавшего водорода по формуле 18 и 19:

$$m_{\text{H}_2 \text{ не прореаг.}} = G_{\text{ср. ч.}} - m_{\text{H}_2} \quad (18)$$

$$m_{\text{H}_2 \text{ не прореаг.}} = 62,5 - 41,9 = 20,6 \text{ кг}$$

$$V_{\text{H}_2 \text{ не прореаг.}} = (m_{\text{H}_2 \text{ не прореаг.}} \cdot V_m \cdot n_{\text{H}_2}) / a \quad (19)$$

$$V_{\text{H}_2 \text{ не прореаг.}} = (20,6 \cdot 22,4 \cdot 4) / 8 = 230,72 \text{ м}^3$$

4) Рассчитаем массу и объем азота, содержащегося в водороде по формуле 20:

$$V_{\text{N}_2} = (V_{\text{H}_2} \cdot 8) / 85 = 44,2 \text{ м}^3 \quad (20)$$

$$V_{\text{N}_2} = (469,2 \cdot 8) / 85 = 44,2 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{N}_2} = (44,2 \cdot 28) / 22,4 = 55,2 \text{ кг}$$

5) Рассчитаем массу и объем аммиака, содержащегося в водороде:

$$V_{\text{NH}_3} = (469,2 \cdot 7) / 85 = 38,6 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{NH}_3} = (38,6 \cdot 17) / 22,4 = 29,3 \text{ кг}$$

6) Рассчитаем, сколько необходимо угарного газа:

$$m_{\text{CO}} = (41,9 \cdot 2 \cdot 28) / 8 = 293,3 \text{ кг}$$

7) Рассчитаем объем угарного газа:

$$V_{CO} = (293,3 \cdot 2 \cdot 22,4) / 56 = 234,6 \text{ м}^3$$

8) Рассчитаем количество угарного газа с учетом его избытка:

$$V'_{CO} = 234,6 \cdot 1,1 = 258 \text{ м}^3$$

9) Рассчитаем, углекислый газ, содержащийся в угарном газе:

$$V_{O_2} = (258 \cdot 5) / 95 = 13,6 \text{ м}^3$$

$$m_{N_2} = (13,6 \cdot 48) / 22,4 = 29,1 \text{ кг}$$

10) Рассчитаем, сколько не прореагировало угарного газа:

$$V_{CO \text{ не прореаг}} = 258 - 234,6 = 23,4 \text{ м}^3$$

$$m_{CO \text{ не прореаг}} = (23,4 \cdot 28) / 22,4 = 29,3 \text{ кг}$$

11) Рассчитаем, сколько образовалось этилена:

$$m_{C_2H_4} = (41,9 \cdot 26) / 8 = 136,2 \text{ кг}$$

$$V_{C_2H_4} = (136,2 \cdot 22,4) / 26 = 117,3 \text{ м}^3$$

12) Рассчитаем массу и объем воды:

$$m_{H_2O} = (41,9 \cdot 18 \cdot 2) / 8 = 188,6 \text{ кг}$$

$$V_{H_2O} = (188,6 \cdot 22,4) / 18 = 234,7 \text{ м}^3$$

Полученные значения занесли в таблицу 2.

Таблица 2 – Расход-приход

Вещество	Приход		Расход	
	кг/ч	м ³	кг/ч	м ³
Угарный газ	293,3	234,6	29,3	23,4
Углекислый газ	29,1	13,6	29,1	13,6
Водород	41,9	234,6	20,6	230,7
Азот	55,2	44,2	55,2	44,2
Аммиак	29,3	38,6	29,3	38,6
Этилен	-	-	136,2	117,3
Вода	-	-	188,6	234,7
Итого	477,9	800,2	488,2	707,0

Потери находятся в допустимых пределах и не превышают 15 %.

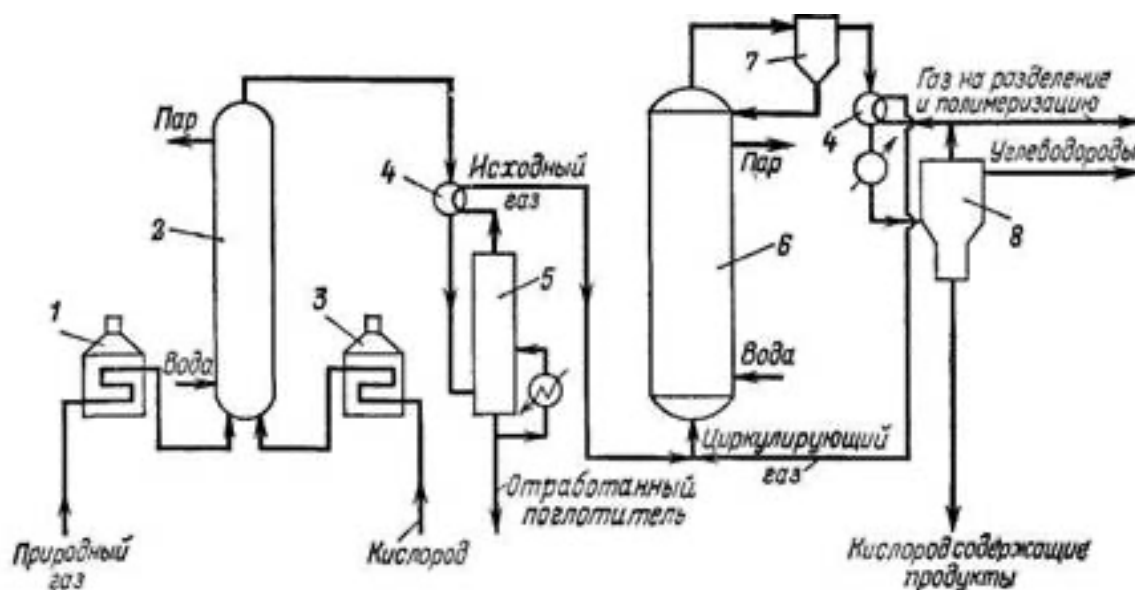


Рисунок 2- Принципиальная схема процесса Фишера-Тропша

2.2.2 Энергетический баланс

Исходные данные берутся из справочников [Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. - 7-е изд., Т.3. - Л.: Химия, 1976. - С. 124-126. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. - Л.: Химия, 1977. - С. 141. Справочник химика. - 2 изд., Т.1. - Л.-М.: Химия, 1966. - С. 607. Варгафтик Н. Б., Филиппов Л. П. и др. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 352 с].

Таблица 3 - Термодинамические параметры

Вещество	ΔH_f , 298 кДж/моль	S^0 , 298 Дж/моль·град	C_p , 298 Дж/моль·С
Угарный газ	-110,6	197,54	29,11
Водород	-285,8	130,2	28,83
Этилен	-1410,9	219,45	43,9
Вода	-241,84	188,74	33,56

Таблица 4 - Количественный и качественный состав материальных потоков, поступающих в реактор

Вещество	Поток, кг/ч	Температура, °С	Удельная теплоемкость кДж/кг·С
Угарный газ	322,5	100	1,04
Водород	41,9	100	14,35

Так как вода составляет наибольшую часть побочных продуктов реакции, а так же нам дана её энтальпия, то при расчёте теплоты учитываем только её.

$$\Delta H_{\text{обр}} \text{ воды} = -241,84 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{\text{обр}} \text{ этилена} = -1410,9 \text{ кДж/моль}$$

Таблица 5 - Количественный состав материальных потоков, выходящих из реактора

Вещество	Поток, кг/ч	Температура, °С
Вода	188,6	190
Этилен	136,2	190

$$C_{\text{уд}} \text{ вода} = 4,459 \text{ кДж/кг·С}$$

$$C_{\text{уд}} \text{ этилен} = 2,067 \text{ кДж/кг·С}$$

$$W_{\text{вода}} = 38,63 \%; W_{\text{этилен}} = 27,86 \%$$

Расчёт теплового баланса:

1) Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5, \text{ где}$$

Q_1 – теплота реагентов;

Q_2 – отводимое тепло хладагентом;

Q_3 – тепловой эффект реакции;

Q_4 – теплота продуктов реакции;

Q_5 – потери в окружающую среду.

2) Расчёт теплоты реагентов:

$$Q_1 = C \cdot M \cdot T \quad (2)$$

где

C – теплоемкость продуктов,

T – температура продуктов при поступлении в процесс

M – количество продуктов в кг, м³, молях

1) Теплота, приходящая с угарным газом:

$$Q_{1\text{CO}} = 1,04 \cdot 322,5 \cdot (190 + 273) = 155290,2 \text{ кДж/ч}$$

2) Теплота, приходящая с водородом:

$$Q_{1\text{H}_2} = 14,35 \cdot 41,9 \cdot (190 + 273) = 278385,7 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_1 = Q_{1\text{CO}} + Q_{1\text{H}_2}$$

$$Q_1 = 155290,2 + 278385,7 = 433675,9 \text{ кДж/ч}$$

3) Выделение тепла в реакторе в процессе синтеза:

$$Q_3 = m_{\text{C}_2\text{H}_4} \cdot q_{\text{C}_2\text{H}_4} + m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot q_{\text{H}_2\text{O}} =$$

$$= 188,6 \cdot 241,84 + 136,2 \cdot 1410,9 = 237775,6 \text{ кДж/ч}$$

4) Удельная теплоёмкость выходной смеси:

$$C_{\text{уд. вхсм.}} = 4,459 \cdot 0,3863 + 2,067 \cdot 0,2786 = 2,29 \text{ кДж/кг} \cdot \text{C}$$

5) Количество теплоты, уходящей из реактора с выходной смесью:

$$Q_4 = 2,29 \cdot 488,1 \cdot (190 + 273) = 517517,79 \text{ кДж/ч}$$

6) Количество теплоты, поступившей в реактор:

$$Q_{BX} = 155290,2 + 278375,7 + 237775,6 = 671441,5 \text{ кДж/ч}$$

7) Количество тепла, снимаемое подаваемым в реактор конденсатом:

$$Q_2 = 671441,5 - 577517,79 = 93923,72 \text{ кДж/ч}$$

Таблица 6 - Тепловой баланс реактора.

Приход			Расход		
Вещество	%	Q, кДж	Вещество	%	Q, кДж
Угарный газ	23,13	155290,2	Смесь воды и этилен	84,64	517517,79
Водород	41,46	278385,7	Отвод тепла	15,36	93923,72
Теплота реакции	35,41	237775,6	Теплота реакции	-	-
Итого	100	671441,5	Итого	100	611441,51

Потери теплоты находятся в допустимых пределах и не превышают 10%.

2.3 Анализ преимуществ предлагаемой технологии

Единой схемы процесса получения этилен не существует.

При выборе метода и схемы получения этилена влияют различные факторы:

1. Сложный состав смеси.
2. Интенсивность процесса разделения концентрата.
3. Степень извлечения этилена.
4. Расход энергии.
5. Подготовка газа к разделению.
6. Вспомогательные материалы и побочные продукты.
7. Удобства эксплуатации.

8 Экономика процессов извлечения и фракционирования.

Основным критерием при выборе метода и схемы получения этилена должны быть положены исходя технико-экономических расчетов.

При использовании различных катализаторов значительно повышаются селективность и выходы некоторых основных продуктов. При этом, можно значительно снизить температуру пиролиза. Основными недостатками каталитического пиролиза несомненно является высокое коксование катализаторов и необходимость создания новых установок и нового технологического оборудования. И раз до сих пор не появились полноценные промышленные установки каталитического пиролиза, значит, достаточно сложно создать таковые, которые были бы надежны и просты в эксплуатации. Хотя японцы интенсивно ведут исследования в этой области, и в печати стабильно появляются заметки об испытаниях в Японии новой установки каталитического пиролиза.

По второму направлению было испробовано огромное количество соединений с их дозировкой от десятков ppm до десятков процентов к сырью. Эти вещества инициируют реакции разложения сырья и/или ингибируют побочные, вторичные процессы. В промышленности широкое распространение получило использование небольших дозровок (50—300 ppm) веществ способствующих снижению образования кокса при пиролизе. Из этих веществ выделяются серосодержащие соединения (такие как диметилдисульфид, третбутилполисульфид), фирмой «Nalco» активно продвигается ингибитор коксообразования на основе фосфоросодержащих веществ. Принцип действия этих веществ заключается в пассивации активных центров на стенке пиролизевики. Однако и у этого направления достаточно большое количество недостатков, таких как: сложность равномерного дозирования, равномерного распределения по паросырьевому потоку, ограничение использования ингибиторов коксообразования при пиролизе сырья с содержанием серы (прямогонный бензин, атмосферный газойль).

Из последних разработок следует отметить использование различных физических полей (акустических, электромагнитных) на процесс пиролиза.

Эффект от действия этих полей примерно такой же, как и при использовании катализаторов.

Кроме того, не утихает интерес к плазмохимическим технологиям с использованием низкотемпературной плазмы, позволяющие проводить реакции при температурах 1000 — 10 000 К. Основным преимуществом плазмохимических реакций является возможность использования малоценного или трудно перерабатываемого сырья. Например, при таких температурах можно без проблем разложить метан. На фоне быстрого роста цен на нефть данный процесс весьма перспективен [6].

Заключение

В данной курсовой работе рассмотрен метод получения этилена методом синтеза Фишера – Тропша с производительностью 62,5; описаны физико-химические характеристики вещества; описаны все существующие методы и схемы получения этилена процесса; представлена характеристика этилена как сырья; рассчитан материальный и энергетический баланс.

В настоящее время – рост интереса к синтезу Фишера-Тропша основывается на том, что с каждым годом происходит рост цен на нефть. Преимущество синтеза Фишера-Тропша в том, что с помощью данной технологии мы получаем экологически чистое топливо. В топливе, полученном синтезом Фишера-Тропша отсутствуют нафтены, ароматические углеводороды, сера и соединения азота.

Синтез Фишера-Тропша позволяет получать из природных горючих ископаемых, используемых в настоящее время преимущественно как топливо для тепло- и электростанций (уголь, природный газ) или вовсе сжигаемых на факелах либо выбрасываемых в атмосферу (попутный нефтяной газ), высококачественные моторные топлива и ценное сырье для последующего химического синтеза.

К экологической же проблеме можно отнести потребность в большом количестве воды для осуществления газификации угля, если последний используется в качестве исходного сырья. Зачастую климат в странах, богатых углем, но бедных нефтью, является засушливым. Однако на второй стадии GTL-производства - собственно синтез ФТ - вода является побочным продуктом, который после очистки можно использовать в технологическом процессе

Список используемой литературы

1. Мановян А.Г. Технология переработки природных энергоносителей. — Москва: Химия, КолосС, 2004. — 456 с.
2. Горбов А. И. Этилен // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
3. ГОСТ 24975.0-89 Этилен и пропилен. Методы отбора проб.
4. ГОСТ 25070-87 Этилен. Технические условия.
5. Крылова А.Ю., Малых О.А., Емельянова Г.И., Лapidус А.Л. Кинетика и катализ, 1989, т. 30, № 6, с. 1495.
6. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. Учебное пособие для вузов.. — Москва: ИКЦ «Академкнига», 2004. — 679 с.
7. Паал З., Чичери Ж. Каталитические реакции циклизации углеводородов. М.: Мир, 1988, с. 264.
8. Сливинский Е.В., Кузьмин А.Е., Абрамова А.В. и др. Нефтехимия, 1998, т. 38, № 4, с. 234.
9. Сторч Г., Голамбик Н., Андерсон Р. Синтез углеводородов из оксида углерода и водорода. М: Издательство, 1954, с. 516.
10. Химическая энциклопедия / Редкол.: Кнунянц И.Л. и др.. — М.: Советская энциклопедия, 1995. — Т. 4 (Пол-Три). — 639 с.
11. Химические вещества из угля. Под ред. Ю. Фальбе. М.: Химия, 1980, с. 614.

3 Пример №2 выполнения курсовой работы

1 Производство синтетического бутадиен-стирольного каучука

1.1 Общая характеристика производства СБСК

«Производство введено в эксплуатацию в 1961 году. Проектная мощность – 55 тыс. т/год» [5].

Целевыми продуктами производства являются каучуки марок СКМС-30АРКМ-15, БСК-1502 и СКМС-30АРКМ-27.

Синтетический каучук получают сополимеризацией бутадиена и альфа-метилстирола в водной эмульсии. В качестве основного эмульгатора применяется комплексный эмульгатор. В качестве дополнительных эмульгаторов применяется диспергатор НФ. Для процесса полимеризации бутадиена и альфа-метилстирола применяются вещества, инициирующие процесс полимеризации. В качестве инициатора используются: гидроперекись на основе гидрированных терпеновых углеводородов (гидроперекись пинана). Для ускорения процесса распада гидроперекиси в системе полимеризации применяются вещества- активаторы. Активатором в процессе полимеризации при получении каучука является железотрилоновый комплекс. Регулирование молекулярного веса полимера производится с помощью третичного додецилмеркаптана. Окончательный обрыв процесса полимеризации, после достижения необходимой конверсии мономеров, производится вводом в систему раствора прерывателя-(ДЭГА-диэтилгидроксиамин).

В производственный процесс получения каучуков бутадиен- α -метилстирольных, входят четыре технологические установки:

1) установка растворов и полимеризации бутадиена и альфа-метилстирола (отделение Е-1);

– приготовление растворов железо-трилонового комплекса ронгалита, соды кальцинированной, концентрированной водной фазы,

регулятора (третичного додецилмеркаптана), стоппера (диэтилгидроксиламина);

– приготовление эмульсий инициатора (гидроперикиси пинана), регулятора (третичного додецилмеркаптана), пеногасителя;

– приготовление углеводородной шихты;

– приготовление эмульсий углеводородов;

– сополимеризация мономеров.

2) установка отгонки и компримирования (отделение Е-1,Е-9);

– дегазация незаполимеризовавшихся мономеров из латекса;

– дистилляция альфа-метилстирола-возврата (периодическая стадия);

– компримирование и конденсация бутадиена-возврата (отделение Е-9).

3) установка приготовления латекса, коагуляции и фильтрации (отделение Е-2);

– комплектация емкостей латексом для каучука марок СКМС-30АРКМ-15, СКМС-30АРКМ-27, БСК-1502;

– приготовление латексно-масляной эмульсии для марок СКМС-30АРКМ-15, СКМС-30АРКМ-27;

– коагуляция латекса для марок каучука (выделение каучука марок СКМС-30АРКМ-15, БСК-1502 и СКМС-30АРКМ-27).

4) установка сушки, прессования СБСК и приготовления раствора серной кислоты (отделение Е-2);

– приготовление раствора серной кислоты;

– брикетирование и упаковка каучука;

– переработка каучука на червячной машине;

– нейтрализация кислых стоков;

– подача отработанного воздуха из сушильных агрегатов;

– гидравлическая установка;

- сбор и откачка парового конденсата.

1.2 Сушка каучука

При сушке всех типов каучуков имеют место трудности, связанные с недосушкой каучука и налипанием в нем влажных включений, а также пересушкой каучука, приводящей к его термопластике и повышенной липкости.

Наличие влажных включений ухудшает смешение каучука с ингредиентами и снижает уровень физико-механических показателей резин.

Наличие термопластиката затрудняет обрабатываемость каучука и также снижает комплекс физико-механических показателей.

Оптимальная величина потерь массы составляет 0,2 – 0,4%.

Сушку каучука можно рассматривать как два одновременных процесса, движение влаги к поверхности каучука и испарение воды с его поверхности.

Оба процесса должны осуществляться синхронно.

При быстром испарении воды с поверхности каучука верхние слои полимера подсыхают, термопластицируются, закрывают отверстия пор и препятствуют испарению внутренней влаги.

Испарение воды происходит в капиллярах каучука, вода диффундирует по капиллярам пор в окружающую среду. Такое перемещение воды происходит до окончания процесса сушки. Скорость сушки обусловлена при этом скоростью диффузии воды к поверхности частиц.

Интенсивность сушки максимальна, когда скорость переноса тепла и массы в пограничном слое соответствует скорости испарения воды и тепла внутри каучука и определяется сопротивлением диффузии и движущей силой процесса.

Основные показатели процесса сушки – производительность, влажность продукта на входе и выходе, энергоемкость, компактность, герметичность оборудования, время пробега между ремонтами, степень автоматизации и компьютеризации процесса, техника безопасности и пожаробезопасность.

На ООО «Тольяттикаучук» для сушки крошки каучука применяются две полутораксовых сушилки.

Ранее использовались еще четыре многоходовых сушилки, для сушки каучука в виде ленты, но в связи с малой производительностью и устаревшим оборудованием с 2015 года не используются.

Сушка каучука производится на агрегатах № С-1/5,6

«В сушилке С-1/5,6 специальным устройством крошка каучука равномерно распределяется по всей ширине первого верхнего конвейера. Крошка каучука пройдя две температурные зоны с первого конвейера поступает на второй нижний конвейер. На выходе с верхнего конвейера крошка каучука подвергается рыхлению и дроблению специальными рыхлителями и разрывными устройствами. Сушка крошки каучука в сушилке С-1/5,6 (5 зон) осуществляется циркулирующим нагретым воздухом с постоянной подпиткой свежим воздухом. Из пятой зоны сушилки С-1/5,6 крошка каучука поступает в зону охлаждения холодным воздухом, забираемым с установки последним по ходу циркуляционным вентилятором № 18.» [6].

«В процессе сушки каучука образуется отход, в виде отработанного воздуха, содержащего в небольших количествах мономеры (бутадиен, стирол, альфаметилстирол), продукты разложения каучука, смоляные и жирные кислоты от сушильных агрегатов» [7].

Технологическая схема сушилки С-15/5,6 указана в приложении А.

Усовершенствование технологии утилизации отходящих газов от сушильных агрегатов

2.1 Методы очистки отработанного воздуха от сушильных агрегатов

В процессе производства бутадиен-стирольных каучуков при их выделении и сушке образуются воздушные выбросы, которые содержат токсичные органические соединения, смолистые и взвешенные вещества (тальк), поэтому выброс загрязненного воздуха без очистки невозможен.

«Известен ряд способов обезвреживания воздушных выбросов: термokatалитический, озонирование, биологическое окисление специальными штаммами бактерий» [12].

«При термokatалитическом способе для окисления органических соединений, содержащихся в воздухе, применяют катализаторы на основе оксидов различных элементов» [12].

Воздух, пройдя слой катализатора, практически полностью очищается от органических соединений, при этом образуются нетоксичные соединения - углекислый газ и вода.

Перед подачей в реактор с катализатором загрязненный воздух подвергается предварительной очистке от пыли, талька, масла, эмульгаторов и т.п. в аппаратах типа ротоклон. Очистка ведется путем отмывки воздуха сильно распыленными струями воды. При выходе из ротоклона установлены отражатели, предотвращающие унос воды.

«Воздух после предварительной очистки подается в теплообменник, где подогревается отходящим горячим очищенным воздухом. Подогретый воздух, смешиваясь в потоке с дымовыми газами ($800\div 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$), нагревается до температуры $400\div 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зависимости от типа используемого катализатора» [12].

Кроме каталитической очистки воздуха от органических соединений существуют менее энергоемкие способы очистки. Одним из таких способов очистки является озонирование. Воздух, содержащий органические

соединения, смешивается с озono-воздушной смесью и без дополнительного подогрева очищается полностью от органических соединений с образованием воды и углекислого газа.

Трудности в использовании данного способа заключаются в том, что содержание органических примесей в отходящих газах непостоянно и для поддержания определенного соотношения озон: органические загрязнения необходимо сложное приборное оборудование. При несоблюдении данных соотношений в реальных условиях возможно либо неполное окисление органических соединений и вторичное загрязнение воздушных выбросов продуктами неполного окисления, – либо наличие избытка озона и выброс его в атмосферу с очищенным воздухом, что недопустимо, т.к. предельно допустимая концентрация озона в воздухе рабочей зоны составляет 0,1 мг/м³.

Возможна очистка воздуха от органических соединений при относительно низкой температуре путем биологического окисления специальными штаммами бактерий. Для такого способа требуются большие площади под установку, так как производительность очистки воздуха значительно ниже, чем у вышеприведенных способов.

В промышленности синтетического каучука из-за больших объемов воздушных выбросов (150000 – 300000 м³/ч) и относительно низкой концентрации вредных веществ (до 1,0 г/м³) наиболее широкое применение нашел термokatалитический способ очистки с использованием оксидных катализаторов как наиболее экономичный и эффективный.

В ООО «Тольяттикаучук» отходящие газы, после предварительной очистки в влагосмолоотстойнике, сжигаются в печах цеха Д-6.

2.2 Существующая схема утилизации отходящих газов

Отработанный воздух от сушильных агрегатов после предварительной очистки подается на установку производства добавки высокооктановой метанольной (ДВМ), с целью утилизации.

Для отделения воды и смолы из воздуха поступающего из сушилок, используется влагосмолоотстойник № 23.

Таблица 6 -Технические характеристики влагосмолоотстойника № 23

Объем	97,6 м ³
Общая высота	20000 мм
Высота отстойника	3600 мм
Диаметр трубы	1600 мм
Расчетное давление	атмосферное
Расчетная температура	160 ⁰ С
Производительность по отработанному воздуху	170000 м ³ /час
Объем	97,6 м ³

Очищенный воздух из влагосмолоотстойника № 23 подается вентилятором № 24 в печи сгорания установки Д-6.

Таблица 7 – Технические характеристики вентилятора № 24

Тип	Д-20 правого вращения
Производительность	140000 м ³ /час
Напор	250 мм вод. ст.
Число оборотов вентилятора	585 в минуту
Максимально-допустимая температура газов	до 250 ⁰ С
Электродвигатель марки	А-12-52-10
Мощность электродвигателя	250 кВт/час
Число оборотов электродвигателя	600 в минуту
Исполнение	нормальное

Тип газоочистной установки: очистка отходящих газов от аэрозолей (пылей и туманов) в мокрых уловителях инерционного типа.

Способ действия мокрого пылеуловителя: полый форсуночный скруббер.

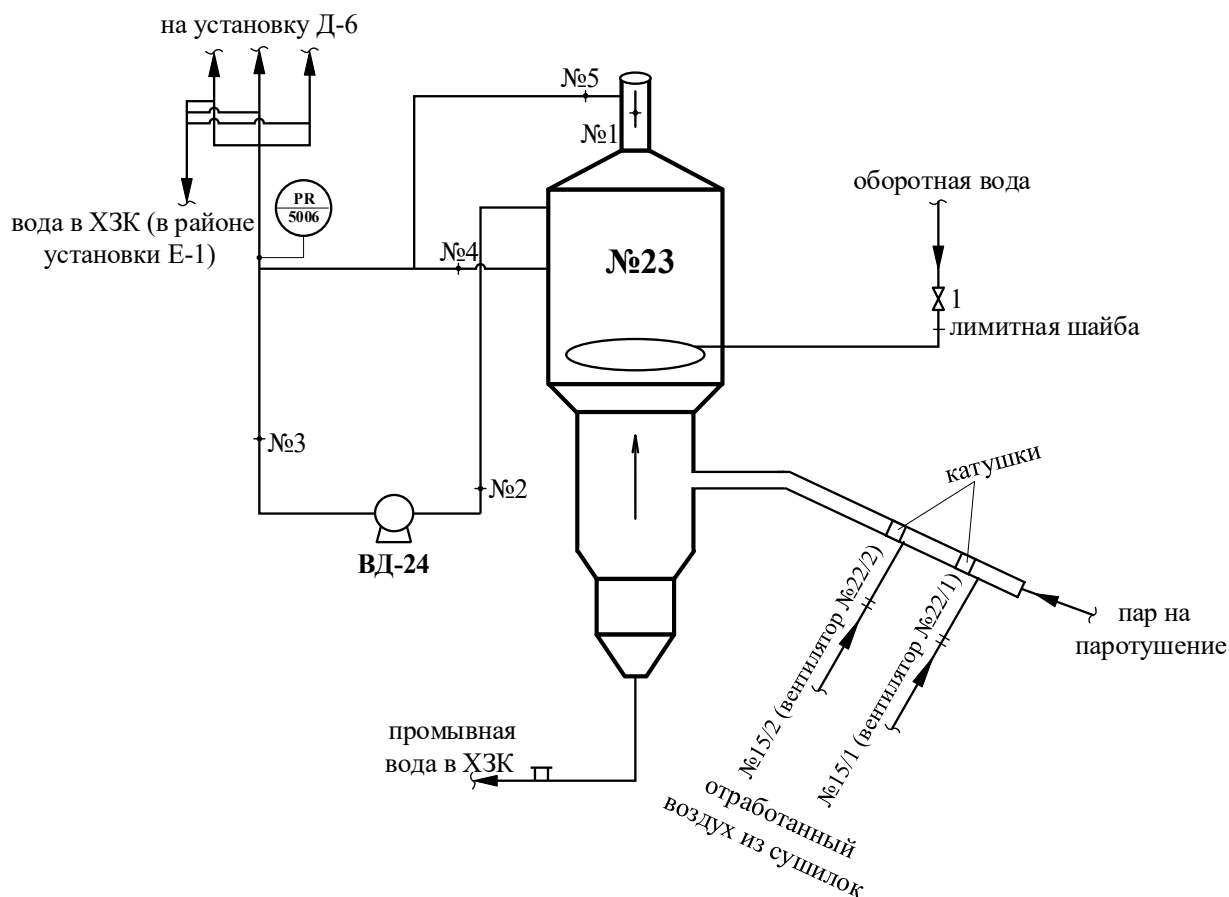


Рисунок 1 – Схема подачи отработанного воздуха из сушильных агрегатов на печи сжигания установки Д-6

Описание технологической схемы.

Отработанный воздух, содержащий в небольших количествах мономеры (бутадиен, стирол, альфаметилстирол), продукты разложения каучука, смоляные и жирные кислоты, по коллектору подается в влагосмолоотстойник № 23, орошаемый обратной водой.

«Во влагосмолоотстойнике № 23 из отработанного воздуха отмываются смолы и вместе с водой поступают в химзагрязненную канализацию» [5].

Частично очищенный отработанный воздух поступает во всасывающую линию вентилятора № 24 и далее по трем магистральным воздуховодам подается на печи сжигания установки Д-6.

«Схемой предусмотрена возможность подачи в магистральные коллектора установки Д-6 воздуха из атмосферы открытиемшибера № 1, установленного наверху влагосмолоотстойника № 23. При неисправности

вентилятора № 24 подача атмосферного воздуха на установку Д-6 производится открытием шиберов № 4, 5, установленных на шунтовых коллекторах» [4].

На коллекторах отработанного воздуха в районе установки Е-1 имеются гидрозатворы, через которые выводится влага и смолообразные продукты, сконденсированные непосредственно в коллекторах.

Для тушения возможных загораний в коллекторе отработанного воздуха из сушилок имеется возможность подачи пара.

Показатели газоочистной установки, подлежащие контролю:

температура газов:

- на входе 80 °С;
- на выходе 30 °С.

концентрация загрязняющих веществ указаны в таблице 8

Таблица 8 - Концентрация загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество		Концентрация загрязняющих веществ, мг/м ³	
код	наименование	до очистки	после очистки
0618	α-метилстирол	48,76	21,904
2902	взвешенные вещества	202,88	81,152

объем газо-воздушной смеси указан в таблице 9

Таблица 9 - Объем газо-воздушной смеси

Загрязняющее вещество		Объем газо-воздушной смеси, м ³ /сек	
код	наименование	до очистки*	после очистки
0618	α-метилстирол	-	4,5
2902	взвешенные вещества		

*Определение показателя невозможно по причине загрязненности потока.

Эффективность очистки газов указана в таблице 10

Таблица 10 - Эффективность очистки газов

Загрязняющее вещество		Эффективность очистки газов %
код	наименование	
0618	α -метилстирол	60
2902	взвешенные вещества	60

В процессе очистки отработанного воздуха с сушильных камер линии выделения СБСК образуются сточные воды в количестве 20 м³/час.

Характеристика сточных вод:

- температура 30 °С;
- рН-6,5-8,5;
- взвешенные вещества-150 мл/м³;
- ХПК-100 млО₂/ДМ³;
- нефтепродукты-5 мл/м³.

Используемое оборудование для предварительной очистки отработанного воздуха от сушильных агрегатов, является устаревшим и малоэффективным.

недостатком такого способа очистки является отложение осмоленных органических соединений: жирных кислот, летучих, антиоксидантов, талька, масел-наполнителей и других органических соединений на поверхности воздухопроводов, способные к забивке оборудования и самовозгоранию.

Указанные дополнительные загрязнения в отработанном воздухе, замедляют процесс термической очистки по заявленному способу, вызывают коррозию, забивку смолистыми отложениями, оборудования котловых агрегатов, что снижает производительность установки термического дожигания как по объему очищаемого воздуха, так и по выработке пара и горячей воды.

2.3 Предлагаемая схема утилизации отходящих газов

Для усовершенствования процесса предварительной очистки отходящих газов, предлагается рассмотреть более эффективное оборудование.

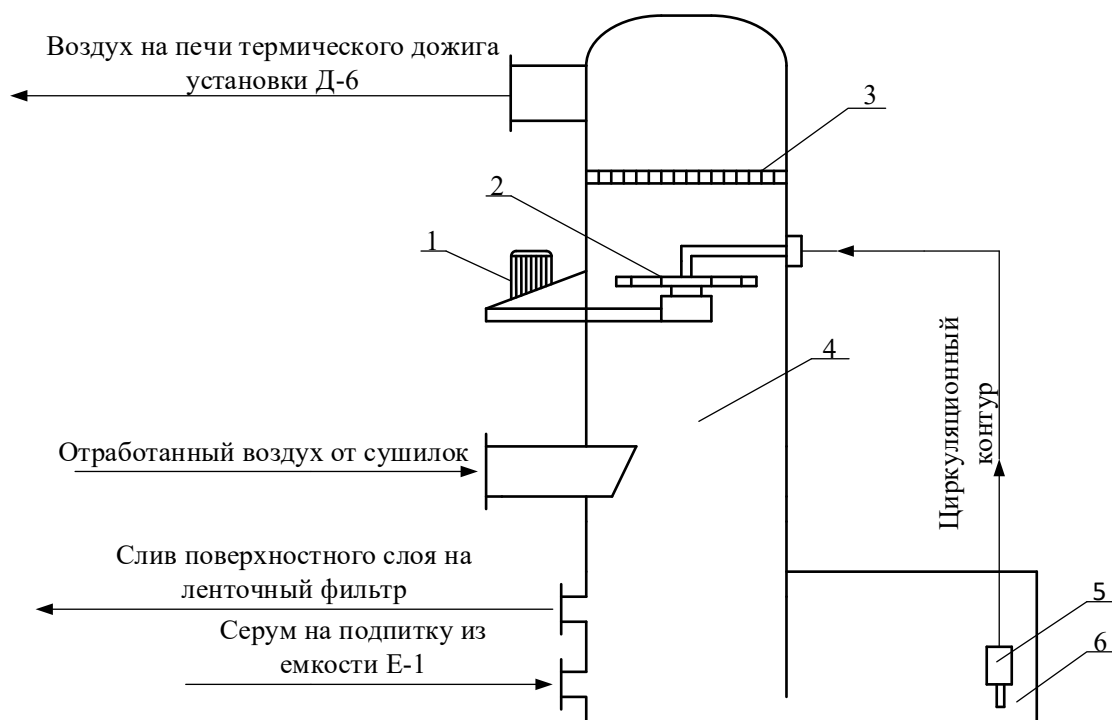
«Ротационный скруббер является сепаратором высокого КПД и служит для разделения мелких частиц пыли; поглощения вредных газов (физически/химически); охлаждения газа и удаления запаха» [11,10].

Характеристики:

- низкий перепад давления при высокой эффективности разделения;
- разделение газа и поглощение пыли в один этап;
- отсутствие засорения;
- возможно рециркулирующее моющее средство с высоким содержанием твердых веществ;
- низкое потребление свежей воды;
- компактный дизайн;
- высокая эффективность.

Вода обладает слабым смачивающим эффектом, вследствие чего предлагается использовать в качестве скрубберной жидкости возвратный серум, образующийся после выделения каучука из латекса.

Возвратный серум, в основном, содержит смеси мыл смоляных и жирных кислот, которые входят в рецепт полимеризации в разных соотношениях, и остатки четвертичных аммониевых солей например «Нитрофлок-213», который используется при выделении каучука из латекса, и после реакции четвертичных аммониевых солей с диспергатором НФ (лейканолом) их непрореагированное, около 10% от взятого количества, остается в серуме.



- 1 – мотор - редуктор; 2 – распылительное колесо; 3 – кплеотбойник;
 4 – корпус цилиндрический; 5 – циркуляционный насос;
 6 – циркуляционная ёмкость.

Рисунок 2 – схема предварительной очистки отработанного воздуха от сушильных агрегатов

Интегрированная циркуляционная ёмкость ротационного скруббера – 6 заполняется серумом из ёмкости Е – 1, далее насосом 5 – серум подается через циркуляционный контур на специальное распылительное колесо – 2.

«Отработанный воздух от сушильных агрегатов поступает в ротационный скруббер тангенциально в нижнюю часть аппарата. Под действием центробежной силы начинается улавливание наиболее крупных частиц газовой фазы» [9].

Затем газовый поток поднимается к областям контакта с мелкодисперсной фазой, создаваемой специальными распылительным устройствам – 2. Распылительное устройство в виде распылительного колеса специальной конструкции разбрызгивает подаваемый на колесо серум, за счет вращения, создаваемого с помощью мотор-редуктора – 1. В этих областях создается турбулентный режим, многократно увеличивающий поверхность

массообмена и конвективную диффузию. Осуществляется полное улавливание загрязняющих частиц газа созданными каплями жидкости с размером соизмеримым с размером частиц, их дальнейшая коагуляция и сепарация капель (отбрасывание) за счет гидродинамического режима и центробежных сил к стенкам аппарата, откуда пленкой скрубберная жидкость направляется в интегрированную циркуляционную емкость – 6.

Предварительно очищенный воздух направляется по коллектору на установку Д – 6, производство бутадиена и ДВМ, на термическую очистку в топке парогенераторного котла.

Циркуляционный бак устроен таким образом, что скрубберная жидкость, содержащая наибольшее количество смолянистых соединений и жирных кислот, постоянно сливается и отправляется на фильтрацию в ленточный фильтр.

Основной объем скрубберной жидкости из нижней части циркуляционной емкости насосом направляется в циркуляционный контур ротационного скруббера с подачей на распылительные устройства. При необходимости в системе обновляется скрубберная жидкость за счет слива и добавления подпиточной жидкости.

3 Расчет материального баланса

3.1 Материальный баланс имеющейся схемы газоочистки

Таблица – 9 Характеристика отработанного воздуха

Загрязняющее вещество	Концентрация или выброс загрязняющего вещества, мг/м ³
Аммиак	2
Диоксид азота	0,2
Оксид углерода	3
Углеводороды C ₂ -C ₅	0,98
Альфа-метилстирол	50
Толуол	0,2
Пыль (тапк, смола)	100,6
Ацетонитрил	0,3

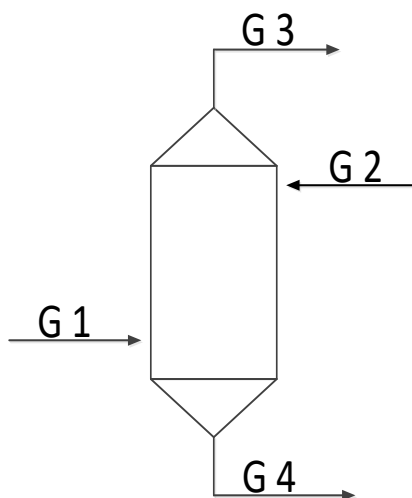


Рисунок 3 - схема материальных потоков

G1 - воздух на очистку;

G2 - вода на орошение;

G3 - воздух после очистки;

G4 - шлам очистки в ХЗК через гидрозатвор.

$$G1 + G2 = G3 + G4.$$

Количество очищаемого газа – 170000 м³/ч;

Температура газов на входе в скруббер – 80°С;

Начальная концентрация пыли – 0,102 г/м³;

Плотность воздуха при 0⁰C=1,293 кг/м³;

Плотность воздуха при 80⁰C= $\frac{273}{273+80} \cdot 1,293 = 0,99$ кг/м³.

Рассчитаем массу газа на входе в скруббер:

$$M_{\Gamma} = V \cdot \rho_{\Gamma}; \quad (1)$$

где V – объём газа м³/ч;

ρ_{Γ} – плотность газа кг/м³.

$$M_{\Gamma} = 170000 \cdot 0,99 = 168300 \text{ кг/ч.}$$

Масса воды на орошение равна:

$$M_{\text{в}} = V \cdot \rho_{\text{в}}; \quad (2)$$

где V – объём воды м³/ч;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды кг/м³.

$$M_{\text{в}} = 20 \cdot 1000 = 20000 \text{ кг/ч.}$$

Определим массовый расход пыли:

$$G_{\Pi} = M_{\Gamma} \cdot C; \quad (3)$$

где C – концентрация пыли кг/м³;

$$G_{\Pi} = 168300 \cdot 0,00010 = 16,83 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу α – метилстирола по формуле [3];

$$M_{\text{C}_9\text{H}_{10}} = 168300 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 8,415 \text{ кг/ч;}$$

где C – концентрация α – метилстирола.

Находим массу оксида углерода по формуле [3];

$$M_{\text{CO}} = 168300 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,44 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу аммиака по формуле [3];

$$M_{\text{NH}_3} = 168300 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,34 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу ацетонитрила по формуле [3];

$$M_{\text{C}_2\text{H}_3\text{N}} = 168300 \cdot 3 \cdot 10^{-7} = 0,05 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу диоксида азота по формуле [3];

$$M_{\text{NO}_2} = 168300 \cdot 2 \cdot 10^{-7} = 0,03 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу углеводородов C2 - C5 по формуле [3];

$$M_{\text{C}_2-\text{C}_5} = 168300 \cdot 9,8 \cdot 10^{-7} = 0,165 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу толуола по формуле [3];

$$M_{\text{C}_7\text{H}_8} = 168300 \cdot 2 \cdot 10^{-7} = 0,03 \text{ кг/ч.}$$

Механический унос воды составляет 3%;

$$20000 \cdot 0,03 = 600 \text{ кг/ч.}$$

Масса влажного воздуха равна:

$$168273,7 + 600 = 168873,7 \text{ кг/ч.}$$

Масса веществ в шламе газоочистки:

$$M_{\text{в}} = G_{\text{х}} \cdot 0,6; \tag{4}$$

где $G_{\text{х}}$ – концентрация веществ кг/м³;

0,6 – степень очистки, %.

Масса пыли в шламе равна:

$$M_{\text{п}} = 16,83 \cdot 0,6 = 10,098 \text{ кг/ч.}$$

Масса альфа – метилстирола в шламе равна:

$$M_{\text{C}_9\text{H}_{10}} = 8,415 \cdot 0,6 = 5,049 \text{ кг/ч.}$$

Масса оксида углерода в шламе равна:

$$M_{\text{CO}} = 0,44 \cdot 0,6 = 0,263 \text{ кг/ч.}$$

Масса аммиака в шламе равна:

$$M_{\text{NH}_3} = 0,34 \cdot 0,6 = 0,136 \text{ кг/ч.}$$

Масса ацетонитрила в шламе равна:

$$M_{\text{C}_2\text{H}_3\text{N}} = 0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ кг/ч.}$$

Масса диоксида азота в шламе равна:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,03 \cdot 0,6 = 0,018 \text{ кг/ч.}$$

Масса углеводородов C2 – C5 в шламе равна:

$$M_{\text{C}_2-\text{C}_5} = 0,165 \cdot 0,6 = 0,099 \text{ кг/ч.}$$

Масса толуола в шламе равна:

$$M_{\text{C}_7\text{H}_8} = 0,03 \cdot 0,6 = 0,018 \text{ кг/ч.}$$

Таблица – 10 материальный баланс имеющейся схемы газоочистки

Приход				Расход			
№	Поток	Кг/ч	%		Поток	Кг/ч	%
1	Газы на очистку, в том числе:	168300	100	1	Сбрасываемые газы, в том числе:	168884,221	100
	1.1 Воздух	168273,7	99,9		1.1 Воздух влажный	168873,7	99,9
	1.2 Пыль	16,83	0,01		1.2 Пыль	6,732	0,004
	1.3 C9H10	8,415	0,005		1.3 C9H10	3,366	0,002
	1.4 CO	0,44	0,00026		1.4 CO	0,177	0,000104
	1.5 NH3	0,34	0,0002		1.5 NH3	0,136	0,00008
	1.6 C2H3N	0,05	0,000003		1.6 C2H3N	0,02	0,0000012
	1.7 NO2	0,03	0,0000017		1.7 NO2	0,012	0,00000068
	1.8 C2-C5	0,165	0,098		1.8 C2-C5	0,066	0,0392
	1.9 C7H8	0,03	0,0000017		1.9 C7H8	0,012	0,00000068
2	Вода	20000	100		Шлам газоочистки, в том числе:	19415,779	100
				2			
					2.1 Вода	19400	99,9
					2.2 Пыль	10,098	0,006
					2.3 C9H10	5,049	0,003
					2.4 CO	0,263	0,000156
					2.5 NH3	0,204	0,00012

Продолжение таблицы 10

				2.6 C ₂ H ₃ N	0,03	0,0000018
				2.7 NO ₂	0,018	0,00000102
				2.8 C ₂ -C ₅	0,099	0,0588
				2.9 C ₇ H ₈	0,018	0,00000102
Всего:		188300		Всего:	188300	

3.2 Материальный баланс предлагаемой схемы газоочистки

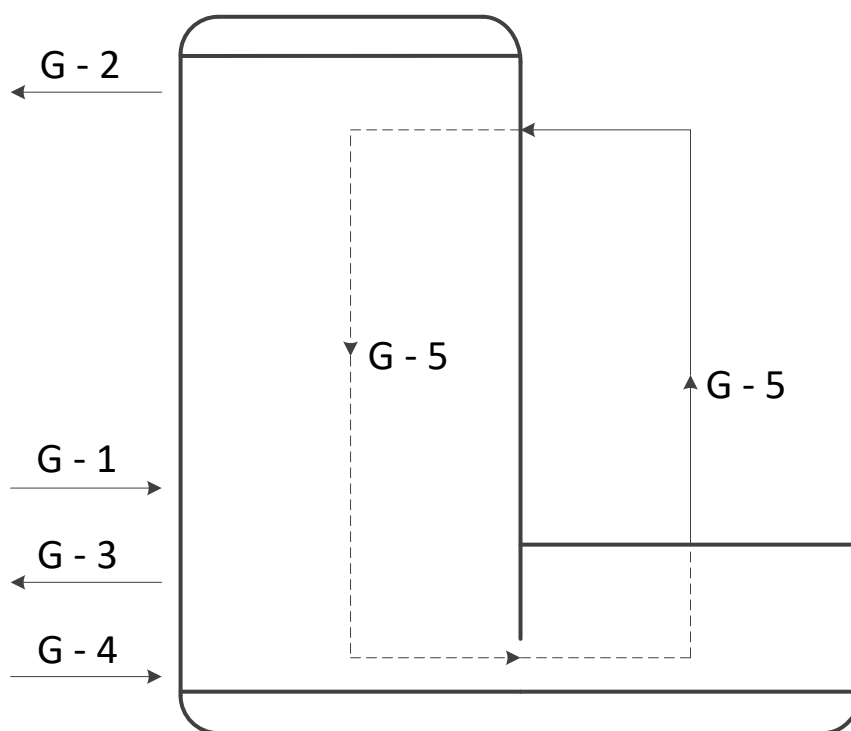


Рисунок – 4 Схема материальных потоков

G 1 – воздух на очистку;

G 2 – воздух после очистки;

G 3 – слив поверхностного слоя;

G 4 – серум на подпитку;

G 5 – циркулирующая серума на орошение.

$$G1+G4+G5=G2+G3+G5$$

В качестве скрубберной жидкости в данной схеме предложено использовать возвратный серум после коагуляции крошки каучука. Циркуляция серума в скруббере составляет $20\text{ м}^3/\text{ч}$.

Содержание анионоактивных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в возвратном серуме в среднем содержится $100\text{ мг}/\text{дм}^3$, катионоактивных поверхностно-активных веществ (КТАПАВ) в среднем $50\text{ мг}/\text{дм}^3$ [3].

Механический унос серума составляет 3%. Поверхностный слив серума составляет $2\text{ м}^3/\text{ч}$. Плотность серума принимаем равной плотности воды.

Механический унос серума составляет 3%

$$M_y = 20000 \cdot 0,03 = 600\text{ кг}/\text{ч}.$$

Находим массу АПАВ в серуме:

$$M_{\text{АПАВ}} = G_{\text{АПАВ}} \cdot M_c \quad (5)$$

где: $G_{\text{АПАВ}}$ – концентрация АПАВ в серуме $\text{кг}/\text{м}^3$;

M_c – масса серума кг ;

$$M_{\text{АПАВ}} = 0\,001 \cdot 20000 = 20\text{ кг}/\text{ч}.$$

Находим массу КТАПАВ в серуме;

$$M_{\text{КТАПАВ}} = 0\,0005 \cdot 20000 = 10\text{ кг}/\text{ч}.$$

Масса влажного воздуха равна:

$$168273,7 + 600 = 168873,7\text{ кг}/\text{ч}.$$

Масса веществ в шламе газоочистки находим по формуле [4]

$$M_b = G_x \cdot 0,85;$$

где G_x – концентрация веществ $\text{кг}/\text{м}^3$;

0,85 – степень очистки, %.

Масса пыли в шламе равна:

$$M_{\Pi} = 16,83 \cdot 0,85 = 14,355 \text{ кг/ч.}$$

Масса альфа – метилстирола в шламе равна:

$$M_{C_9H_{10}} = 8,415 \cdot 0,85 = 7,15275 \text{ кг/ч.}$$

Масса оксида углерода в шламе равна:

$$M_{CO} = 0,44 \cdot 0,85 = 0,374 \text{ кг/ч.}$$

Масса аммиака в шламе равна:

$$M_{NH_3} = 0,34 \cdot 0,85 = 0,289 \text{ кг/ч.}$$

Масса ацетонитрила в шламе равна:

$$M_{C_2H_3N} = 0,05 \cdot 0,85 = 0,0425 \text{ кг/ч.}$$

Масса диоксида азота в шламе равна:

$$M_{NO_2} = 0,03 \cdot 0,85 = 0,0255 \text{ кг/ч.}$$

Масса углеводородов C2 – C5 в шламе равна:

$$M_{C_2-C_5} = 0,165 \cdot 0,85 = 0,14025 \text{ кг/ч.}$$

Масса толуола в шламе равна:

$$M_{C_7H_8} = 0,03 \cdot 0,85 = 0,018 \text{ кг/ч.}$$

Масса серума на подпитку будет равна:

$$M_{C\Pi} = M_y + M_{\Pi}; \tag{6}$$

где: M_y – масса механического уноса серума кг/ч;

M_{Π} – масса поверхностного слива серума кг/ч.

$$M_{C\Pi} = 600 + 2000 = 2600 \text{ кг/ч.}$$

Масса АПАВ в серуме подпитки находим по формуле [5]

$$M_{АПАВ\Pi} = 2600 \cdot 0,001 = 2,6 \text{ кг/ч;}$$

Масса КТАПАВ в серуме подпитки находим по формуле [5]

$$M_{КТАПАВ\Pi} = 2600 \cdot 0,0005 = 1,3 \text{ кг/ч.}$$

Таблица 11 – материальный баланс предлагаемой схемы газоочистки

Приход				Расход			
№	Поток	Кг/ч	%		Поток	Кг/ч	%
1	Газы на очистку, в том числе:	168300	100	1	Сбрасываемые газы, в том числе:	168877,645	100
	1.1 Воздух	168273,7	99,9		1.1 Воздух влажный	168873,7	99,9
	1.2 Пыль	16,83	0,01		1.2 Пыль	2,5245	0,004
	1.3 C9H10	8,415	0,005		1.3 C9H10	1,26225	0,002
	1.4 CO	0,44	0,00026		1.4 CO	0,066	0,000104
	1.5 NH3	0,34	0,0002		1.5 NH3	0,051	0,00008
	1.6 C2H3N	0,05	0,000003		1.6 C2H3N	0,0075	0,0000012
	1.7 NO2	0,03	0,0000017		1.7 NO2	0,0045	0,00000068
	1.8 C2-C5	0,165	0,098		1.8 C2-C5	0,02475	0,0392
	1.9 C7H8	0,03	0,0000017		1.9 C7H8	0,0045	0,00000068
2	Серум циркуляция, в том числе:	20000	100	2	Серум циркуляция, в том числе:	19400	100
	2.1 Вода	19970	99,85		2.1 Вода	19370	99,85
	2.2 АПАВ	20	0,1		2.2 АПАВ	19,4	0,1
	2.3 КТАПАВ	10	0,05		2.3 КТАПАВ	9,7	0,05
3	Серум на подпитку	2600	100	3	Шлам газоочистки, в том числе:	2622,355	100
	3.1 Вода	2596,1	99,85				
	3.2 АПАВ	2,6	0,1		2.1 Вода	2596,1	99,9
	3.3 КТАПАВ	1,3	0,05		2.2 АПАВ	2,6	0,02
					2.3 КТАПАВ	1,3	0,01
					2.2 Пыль	14,3055	0,006
					2.3 C9H10	7,15275	0,003
					2.4 CO	0,374	0,000156
					2.5 NH3	0,289	0,00012
					2.6 C2H3N	0,0425	0,0000018

Продолжение таблицы 11

				2.7 NO ₂	0,0255	0,00000102
				2.8 C ₂ -C ₅	0,14025	0,0588
				2.9 C ₇ H ₈	0,0255	0,00000102
Всего:		190900		Всего:	190900	

Анализ преимуществ предлагаемой технологии

В настоящее время для очистки воздушных выбросов от стирола, этилбензола и других углеводородов в производстве эмульсионных синтетических каучуков используют термokatалитический метод окислительного разложения углеводородов, позволяющий на 90÷95% удалять из воздуха органические загрязнения.

«Для этих целей используют специальные реакторы, загруженные дорогостоящими платиносодержащими катализаторами, или катализаторами, включающими дефицитные оксиды марганца, хрома или других металлов»[8].

Основным недостатком термokatалитического процесса, кроме использования дорогостоящих катализаторов, является его высокая энергоемкость, связанная с необходимостью предварительного подогрева очищаемого воздуха до 400÷500°C, так как эффективное каталитическое разложение углеводородных загрязнений в воздухе идет только в указанном температурном режиме. При этом выделяемое тепло как от сжигания природного газа, так и органических загрязнений практически не утилизируется и выбрасывается с очищенным воздухом в атмосферу.

Другим недостатком такого способа является отложение осмоленных органических соединений: жирных кислот, летучих, антиоксидантов, талька, масел-наполнителей и других органических соединений в трубопроводах перед реактором и загрязнения ими реактора. В связи с этим необходимо проводить трудоемкую чистку от этих отложений.

Частично образование отложений снижается путем обработки отходящих газов в аппаратах - ротоклонах умягченной водой.

В этом случае происходит смачивание летучих компонентов и снижение в какой-то мере образующихся смолистых отложений. Но вода обладает слабым смачивающим эффектом и, кроме того, увеличивает объем общих химзагрязненных стоков.

Известен способ очистки воздуха от стирола с использованием озона

Этот способ эффективен для очистки воздуха от стирола и других углеводородов, требующих строго эквивалентного соотношения их с озоном, а в некоторых случаях и избытка озона по отношению к окисляемым углеводородам.

Другим известным способом является очистка воздуха от органических соединений при температуре 20-100°C озонированием озоно-воздушной смесью на окисномарганцевом катализаторе, содержащем 10-60 масс.% активной У-MnO₂.

В этом случае углеводороды окисляются до 75-100%.

Недостатком этого способа являются высокие расходы озона от 2 до 4 мас ч. на 1 мас. ч. загрязнений.

Известен способ очистки отработанного воздуха озоно-воздушной смесью с катализатором - активированным углем с удельной поверхностью 0,7-1 см²/г, при температуре 50-100°C. Соотношение по массе озон : кислород воздуха в озоно-воздушной смеси 1:2÷4. Соотношение озон : органические загрязнения 1:2÷10.

Эффект очистки достигается за счет концентрирования на поверхности активированного угля органических соединений: стирола, винилциклогексена, олигомеров бутадиена и др. компонентов с одновременным катализом взаимодействия озона и углеводородов по свободно-радикальному механизму.

Недостатком этого способа является трудное распределение небольших количеств озона в большом объеме воздушных выбросов. Так, их количество

для каучуков эмульсионной полимеризации составляет от 10 до 20 тыс. м³ на одну тонну каучука.

Кроме того, этот способ требует предварительную очистку воздуха от отложений органических соединений в виде аэрозолей, осмоляющихся и загрязняющих поверхность воздуховода.

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является действующий способ термической очистки отработанного воздуха производства синтетических каучуков от ароматических углеводородов в топке парогенераторных котлов.

В описанном способе термическую очистку отработанного воздуха производства синтетических каучуков от ароматических углеводородов проводят путем их сжигания совместно с природным газом в топке парогенераторного котла при температуре 1000-1200°С.

Заявленный способ в основном относится к очистке отработанного воздуха производства каучуков стереорегулярной полимеризации, например, бутадиенового каучука СКД, осуществляемой в органических растворителях с последующим выделением каучука из раствора в толуоле водной дегазацией растворителя и сушкой каучука в воздушной сушилке.

Выделяемый каучук практически не содержит других, кроме остаточного растворителя, летучих соединений, способных загрязнять отработанный воздух. Структура полимерных гранул каучука СКД, направляемого в воздушные сушилки, не содержит мелкодисперсных фракций, способных увлекаться потоком горячего воздуха, поступающего на сушку каучука.

Указанные обстоятельства таким образом не вызывают полимерных и смолистых отложений в воздуховодах и технологическом оборудовании парогенераторных котлов при осуществлении в них термического способа очистки отработанного воздуха от углеводородов согласно заявленному способу.

При повышенной температуре ($120\div 160^{\circ}\text{C}$) вместе с отработанным воздухом, содержащим до 300 мг/м^3 стирола, до 50 мг/м^3 этилбензола, димеров бутадиена и парами воды удаляются, а затем, по мере охлаждения воздушного потока, конденсируются вязкие смолистые отложения на поверхности воздухопроводов, которые приводят к забивке оборудования и возможному самовозгоранию.

В состав таких летучих соединений входят низкомолекулярные фракции (до C_{12}) жирных кислот, содержащиеся в применяемом для полимеризации эмульгаторе и способные вызывать активную коррозию оборудования; низкомолекулярные углеводороды, входящие в состав минерального масла, используемого при получении маслонаполненных эмульсионных каучуков товарных марок СКС-30АРКМ-15 и СКС-30АРКМ-27. Кроме того, из работающих сушилок с потоком отработанного воздуха увлекается некоторое количество мелкодисперсного каучука, талька, антиоксидантов и др. видов загрязнений.

Указанные дополнительные загрязнения в отработанном воздухе помимо стирола, этилбензола и др. летучих углеводородов, замедляют процесс термической очистки по заявленному способу, вызывают коррозию, забивку смолистыми отложениями оборудования котловых агрегатов, что снижает производительность установки термического дожига как по объему очищаемого воздуха, так и по выработке пара и горячей воды.

Технической задачей предлагаемого способа, является повышение степени термической очистки отработанного воздуха от углеводородов в производстве эмульсионных каучуков и исключение возможности забивок технологического оборудования котловых агрегатов смолистыми отложениями.

Поставленная задача достигается тем, что в предлагаемом способе термическую очистку отработанного воздуха производства эмульсионных каучуков от углеводородов осуществляют путем их сжигания совместно с природным газом в топке парогенераторного котла при температуре

900÷1200°C с предварительной обработкой загрязненного воздуха водным раствором анионоактивных поверхностно-активных

В качестве такого водного раствора предлагается использовать возвратный серум, образующийся после выделения каучука из латекса.

Возвратный серум, в основном, содержит смеси мыл смоляных и жирных кислот, которые входят в рецепт полимеризации в разных соотношениях, и остатки четвертичных аммониевых солей, которые используются при выделении каучуков из латексов.

Заключение

В данной курсовой работе рассмотрен метод предварительной очистки отходящих газов от сушильных агрегатов, в производстве сополимерных каучуков с помощью скруббера ротационного типа.

Ротационное распыливающее устройство, отсутствие сухих зон, высокие окружные скорости газового потока, создание мелкодисперсной среды – все это обеспечивает устойчивую и эффективную работу ротационного скруббера при очистке газовых выбросов содержащих вязкие, смолянистые загрязняющие вещества.

Предварительная Степень очистки воздуха составляет 85%, что существенно снижает отложения в воздуховодах и котле смолистых загрязнений. После дожига воздуха в парогенераторных печах степень очистки достигает 98%.

Предлагаемое техническое решение дает возможность в условиях производства синтетических каучуков эмульсионной полимеризации осуществлять высокоэффективную очистку отработанного воздуха.

Экологический эффект достигается за счет замены воды, подаваемой в ротационный скруббер, на циркулирующий серум, что исключает потребность свежей воды

Сброс этой воды в канализацию составляет 20 м³/час.

Список используемых источников

1. Ветошкин А. Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов: учеб.-практ. пособие / А. Г. Ветошкин. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 316 с. : ил. - ISBN 978-5-9729-0128-9. (дата обращения: 29.11.2019)
2. Константинов В. М. Экологические основы природопользования, 15-е изд. - М.: 2014. - 240 с.
3. Официальный сайт ООО «СИБУР Тольятти»[Электронный ресурс] URL:<https://www.sibur.ru/togliatti/>. (Дата обращения: 20.11.2019).
4. Технологический регламент УСП СБСК ООО СИБУР Тольятти ТР-Е-2-31-15 Коагуляция бутадиен стирольного каучука утвержден 15.07.2015 (ред. от 28.09.2018).
5. Технологический регламент ООО СИБУР Тольятти. ТР-Е-2-08-17 Производство антиоксиданта ВС-1, утвержден 01.02.2017.
6. Технологический регламент ООО СИБУР Тольятти ТР-Е-2-27-15 Выделения и сушки бутадиен-метилстирольного каучука утвержден 27.03.2015 (ред. от 19.02.2018).
7. Технологический регламент ООО СИБУР Тольятти ТР-Е-1-01-13 Получение латекса СКМС-30АРК утвержден 16.12.2014 (ред. от 04.04.2018)
8. Калыгин В.Г. Промышленная экология. Защита окружающей среды. Учебное пособие. Издательский центр Москва 2016г.
9. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии. Учебное пособие/ Санкт-Петербург: Лань, 2020. 408с.
10. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу : учеб. пособие / Е. С. Пикалов ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. – ISBN 978-5-9984-0560-0

11. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1/8-е издание., стер. – СПб.: издательство «Лань», 2019.- 916 с. (Учебники для вузов. Специальная литература).

12. Патент РФ № 2 564 341 С2, способ термической очистки отработанного воздуха производства эмульсионных каучуков от углеводородов 27.09.2015.

4 Требования к оформлению курсовой работы

4.1 Порядок выполнения курсовой работы

После утверждения темы студент может приступить к поиску необходимой литературы, анализу материалов и написанию черновика. К моменту первой контрольной точки необходимо представить преподавателю для проверки краткую аннотацию (объемом до 0,5 страницы) и развернутый план курсовой работы. В дальнейшем в этот план могут быть внесены изменения по согласованию с преподавателем.

Промежуточный контроль выполнения курсовой работы осуществляется в форме индивидуальных консультаций студентов с преподавателем, а также в форме семинаров, на которых студенты выступают с подготовленными отчетами.

К моменту второй контрольной точки необходимо представить для проверки преподавателю черновик работы и тезисы сообщения по теме работы. Устное сообщение на семинарском занятии по теме работы необходимо сделать до ее защиты, график сообщений согласовывается с преподавателем. До начала зачетной недели необходимо представить чистовик курсовой работы, выполненный с учетом замечаний преподавателя по содержанию и оформлению. Защита курсовой работы проводится в индивидуальном порядке, дата и время защиты объявляется преподавателем не позднее, чем за неделю.

Курсовые работы обучающихся проходят обязательную проверку на наличие заимствований (плагиата) из общедоступных сетевых источников в соответствии с Порядком обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ в ТГУ.

Задание на курсовую работу выдается по установленной форме за подписью руководителя (Приложение Б).

По положению о нормах времени ТГУ время, затрачиваемое на руководство и защиту одной курсовой работы, равняется 1 часу, включая защиту работы.

Защита курсовой работы проходит на последнем учебном занятии. Студент делает доклад по результатам своей работы по времени – до 5 минут, после чего руководитель и студенты группы задают вопросы. Для студентов, обучающихся с

применением ДОТ, оценивание курсовых работ осуществляет руководитель в системе дистанционного обучения, после размещения там работы студентом.

Курсовые работы оцениваются отметками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка заносится руководителем работы в зачетную ведомость, зачетную книжку студента (при отсутствии электронной зачетной книжки). При реализации дисциплин (учебных курсов) с БРС этапы выполнения курсовой работы (курсового проекта) оценивается в баллах, которые переводятся в оценки в соответствии с установленной шкалой.

Критерии оценки:

«отлично» выставляется студенту, если оформление работы соответствует требованиям, расчетная часть сделана правильно. Определены цели и задачи исследования, сформулированы объект и предмет исследования, показана теория вопроса. При защите работы студент демонстрирует полное владение материалом.

«хорошо» выставляется студенту, если оформление работы соответствует требованиям, расчетная часть сделана правильно. Определены цели и задачи исследования, не четко определены объект и предмет исследования, частично показана история и теория вопроса. При защите работы студент демонстрирует частичное владение материалом.

«удовлетворительно» выставляется студенту, если оформление работы соответствует требованиям, расчетная часть сделана правильно. Не определены цели и задачи исследования, не сформулированы объект и предмет исследования, не показана история и теория вопроса. При защите работы студент демонстрирует частичное владение материалом.

«не удовлетворительно» выставляется студенту, если оформление работы не соответствует требованиям, расчетная часть сделана неправильно. При защите работы студент не владеет материалом.

Оцененные преподавателем курсовые работы хранятся на кафедре в соответствии с номенклатурой дел университета, для ДОТ – оцененные преподавателем курсовые работы (курсовые проекты) хранятся в системе.

Студент, не представивший в установленный срок курсовую работу или не защитивший ее, ликвидирует академическую задолженность в соответствии с Положением о промежуточной аттестации студентов.

4.2 Оформление

Оформление курсовой работы должно соответствовать действующим стандартам:

- ГОСТ 2.104-2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи;

- ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

- ГОСТ 2.106-96. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы;

- ГОСТ Р 7.0.5-2008. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления;

- ГОСТ 7.1-2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления;

- ГОСТ Р 7.0.12-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила;

- ГОСТ 7.82-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления;

- ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления;

- ГОСТ 7.9-95 (ИСО 214-76). Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования;
- ГОСТ 8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

Работа печатается машинописным способом или с помощью компьютера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210х297 мм, такими форматами считаются все форматы, находящиеся в пределах от 203х288 мм до 210х297 мм) через полтора межстрочных интервала. Шрифт TimesNewRoman, размер 14. Объем работы не должен превышать 40 страниц машинописного текста.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое - не менее 10 мм, верхнее и нижнее - не менее 20 мм, левое - не менее 30 мм. Размер абзацного отступа должен быть одинаковым по всему тексту работы и равным 12,5 мм.

Текст основной части работы делят на главы, разделы, подразделы, пункты.

Заголовки структурных частей работы пишутся с прописной буквы «Содержание», «Введение», «Заключение», «Список используемой литературы». Заголовки разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая.

Каждую структурную часть работы следует начинать с нового листа.

Разделы (структурные части) и подразделы следует разделять двойным межстрочным интервалом.

4.2.1 Нумерация

Нумерация страниц, глав, разделов, подразделов, пунктов, рисунков, таблиц, формул, приложений дается арабскими цифрами без знака №.

Первой страницей работы является титульный лист, который включают в общую нумерацию страниц. На титульном листе и содержании номер страницы не ставят, на последующих листах номер проставляют в центре нижней части листа без точки. Шрифт для номера страниц TimesNewRoman, размер 14.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Разделы отчета должны иметь порядковые номера в пределах всего отчета, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа.

4.2.2 Иллюстрации

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Таблицу, рисунок или чертеж, размеры которого больше формата А4, учитывают как одну страницу и располагают в соответствующих местах после упоминания в тексте или в приложении.

Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Если рисунок один, то он обозначается "Рисунок 1". Слово "рисунок" и его наименование располагают посередине строки.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово "Рисунок" и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 - Детали прибора.

4.2.3 Таблицы

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Наименование таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Наименование таблицы следует помещать над

таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире (пример, Таблица 1 – Наименование показателей).

На все таблицы должны быть ссылки в отчете. При ссылке следует писать слово "таблица" с указанием ее номера. Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово "Таблица", ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова "Продолжение таблицы" и указывают номер таблицы

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в отчете одна таблица, то она должна быть обозначена "Таблица 1" или "Таблица В.1", если она приведена в приложении В.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

4.2.4 Формулы

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (х), деления (:) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак "X".

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы в отчете следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всего отчета арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (1).

Пример:

$$N = S_{\text{пост}} / (\text{Ц} - S_{\text{пер1}}), \quad (1)$$

где N – критический объём выпуска, шт.;

$S_{\text{пост}}$ – постоянные затраты в себестоимости продукции, руб.;

Ц – цена единицы изделия, руб.;

$S_{\text{пер1}}$ – переменные затраты на одно изделие, руб.

3.2.5 Примечания и сноски

Слово "Примечание" следует печатать с прописной буквы с абзаца и не подчеркивать. Примечания приводят в отчетах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала. Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания. Слово "Примечание" следует печатать с прописной буквы с абзацного отступа и не подчеркивать. Если примечание одно, то после слова "Примечание" ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без проставления точки. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Ссылки на использованные источники следует указывать порядковым номером библиографического описания источника в списке использованных

источников. Порядковый номер ссылки заключают в квадратные скобки. Нумерация ссылок ведется арабскими цифрами в порядке приведения ссылок в тексте отчета независимо от деления отчета на разделы.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта и технических условий в списке использованных источников.

4.2.6 Список используемой литературы

Источники следует располагать одним из следующих способов: в порядке появления ссылок в тексте работы, в алфавитном порядке фамилий первых авторов или заглавий, в хронологическом порядке.

Примеры оформления библиографического описания в списке источников в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008:

На книгу:

Валукин М. Е. Эволюция движений в мужском классическом танце. М. : ГИТИС, 2006. 251 с.

На учебное пособие (учебник, практикум и т.п.):

Ковшиков В. А., Глухов В. П. Психолингвистика: теория речевой деятельности : учеб.пособие для студентов педвузов. М. :Астрель ; Тверь : АСТ, 2006. 319 с. (Высшая школа).

На сборник научных трудов:

Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего образования : сб. науч. тр. / Ин-т образования взрослых Рос.акад. образования ; под ред. А. Е. Марона. М. : ИОВ, 2007. 118с.

На статью в журнале:

Ефимова Т. Н., Кусакин А. В. Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл // Проблемы региональной экологии. 2007. № 1. С. 80–86.

Библиографические ссылки на электронные ресурсы:

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от

29.07.2017). URL: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/>(дата обращения: 19.09.2017).

Максимова Н. А. Структура региональных образовательных порталов // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2014. № 11. С. 16–20. URL: <https://e-koncept.ru/2014/14300.htm> (дата обращения: 12.12.2017).

4.2.7 Приложения

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа. В тексте отчета на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте отчета.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова "Приложение", его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ѕ, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова "Приложение" следует буква, обозначающая его последовательность.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Приложение или несколько приложений могут быть оформлены в виде отдельной книги отчета, при этом на титульном листе под номером книги следует писать слово "Приложение". При необходимости такое приложение может иметь раздел "Содержание".

Приложение А

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование кафедры полностью)

18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов»

(направленность (профиль))

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине (учебному курсу)

Технология переработки и утилизации отходов 2

(наименование дисциплины (учебного курса))

на тему Проектирование энерго – и ресурсосберегающих процессов в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Студент

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Оценка:

Дата:

Тольятти 2020

Приложение Б

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование кафедры полностью)

ЗАДАНИЕ на выполнение курсовой работы

Студент _____

1. Тема Проектирование энерго – и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

2. Срок сдачи студентом законченной курсовой работы 29 марта 2019

3. Исходные данные к курсовой работе Данные НИР

4. Содержание курсовой работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов):

1 Описание технологической установки/процесса (технологическая схема, стадии технологического процесса, технологические показатели, обоснование выбора)

2 Расчет материального и энергетического балансов

3 Анализ преимуществ предлагаемой технологии

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала (с точным указанием чертежей и форматов их представления) не предусмотрено

6. Рекомендуемые учебно-методические материалы Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Технологии переработки и утилизации отходов 2»

Дата выдачи задания «____» _____ 20__г.

Руководитель курсовой работы _____
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

М.В. Кравцова
(И.О. Фамилия)

(И.О. Фамилия)