

# ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет: Химическая технология органических соединений и топлива

Кафедра: Органическая химия и технология основного органического синтеза

Специальность: Технология основного органического синтеза

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой «ТООС»

\_\_\_\_\_ Кадиров Х.И.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

## ЗАДАНИЕ

по выпускной работе студента

Абдукодиров Умид

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема проекта (работы) \_\_\_\_\_ Технология окислительного пиролиза природного газа.

\_\_\_\_\_ утверждена приказом по институту от «16» 05. 2017 г. за № 4/161

2. Срок сдачи студентом законченного проекта до 10.06. 2017 г.

3. Исходные данные к проекту (работе) годовая производительность установки по пиролизу природного газа 100000 т/г;

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) Реферат, введение, технико-экономическое обоснование, характеристика исходного сырья и готовой продукции, описание технологической схемы, технологический расчет основного оборудования, охрана окружающей среды, охрана труда, гражданская защита, кип и автоматизация процесса, экономическая часть список использованной литературы, заключение

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) Технологическая схема окислительного пиролиза природного газа, схема реактора, таблица экономических показателей, схема автоматизации

6. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ 11.05.2017

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

(подпись)

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**Кафедра: «Органической химии и технологии основного органического  
синтеза»**

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к выпускной работе на тему: **Технология окислительного пиролиза  
природного газа.**

Руководитель \_\_\_\_\_ **доц. Эргашева Д.А.** \_\_\_\_\_

Консультанты:

по технологической части \_\_\_\_\_

по экономике \_\_\_\_\_

по КИП и автоматики \_\_\_\_\_

по охране окружающей среды \_\_\_\_\_

по охране труда \_\_\_\_\_

по гражданской защите \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

Дипломант \_\_\_\_\_

ТАШКЕНТ – 2017

## СОДЕЖРАНИЕ

РЕФЕРАТ .....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА.....	7
ТЕХНОЛОГИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА .....	9
МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС.....	38
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС РЕАКТОРА.....	40
МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕАКТОРА .....	43
ОХРАНА ТРУДА .....	47
ГРАЖДАНСКАЯ ЗАЩИТА .....	54
ЭКОЛОГИЯ .....	61
АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ .....	71
ПЕРЕЧЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, РАССЧИТЫВАЕМЫХ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	83
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	84

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа состоит из 93 страниц компьютерного текста и включает 9 рисунка, 23 таблиц.

ПЕРЕГОНКА, ПИРОЛИЗ, КРЕКИНГ, РИФОРМИНГ, ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, ЖИДКОЕ ТОПЛИВО, ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО, РЕАКТОР, КАТЕЛЬ-УТИЛИЗАТОР, МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, МАТЕРИАЛЬНЫЙ И ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ, АВТОМАТИКА, ЭКОЛОГИЯ.

Объектом исследования является исследование процесса пиролиза природного газа.

Цель работы – изучение технологии пиролиза природного газа. Установление оптимальных параметров производства. Изучение свойств основных и вторичных реагентов используемых в производстве.

Методы исследования: физико-химические, технологические.

Результаты работы: Исследованы литературные данные по технологию пиролиза природного газа в условиях ОАО «Шуртангаз». Выбрана технология производства, определены оптимальные параметры, приведены материальные, механические и тепловые расчеты реактора с мощностью 100000 тонн в год.

Область применения – химическая, химическая технология.

## ВВЕДЕНИЕ

Производство органических веществ зародилось очень давно, но первоначально оно базировалось на переработке растительного или животного сырья – выделение ценных веществ (сахар, масла) или их расщепление (мыло, спирт и др.). Органический синтез, т. е. получение более сложных веществ из сравнительно простых, зародился в середине XIX века на основе побочных продуктов коксования каменного угля, содержавших ароматические соединения. Затем, уже в XX веке как источники органического сырья все большую роль стали играть нефть и природный газ, добыча, транспорт и переработка которых более экономичны, чем для каменного угля. На этих трех видах ископаемого сырья главным образом и базируется промышленность органического синтеза. В процессах их физического разделения, термического или каталитического расщепления (коксование, крекинг, пиролиз, риформинг, конверсия) получают пять групп исходных веществ для синтеза многих тысяч других соединений:

1. Парафины (от метана  $\text{CH}_4$  до углеводородов  $\text{C}_{15} - \text{C}_{40}$ );
2. Олефины ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ );
3. Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилолы, нафталин);
4. Ацетилен;
5. Оксид углерода и синтез-газ (смесь  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ ).

В своем развитии промышленность органического синтеза разделилась на ряд отраслей (технология красителей, лекарственных веществ, пластических масс, химических волокон и др.), среди которых важное место занимает промышленность основного органического и нефтехимического синтеза. Термин «основной» (или «тяжелый») органический синтез охватывает производство многотонажных продуктов, служащих основой для всей остальной органической технологии. В свою очередь, термин «нефтехимический» синтез появился в связи с преобразованием технологии органических веществ на нефтяное сырье и в обычном смысле слова (исключая получение неорганических веществ и полимеров) охватывает

первичную химическую переработку углеводородов нефтяного происхождения.

Окислительный пиролиз – процесс термического разложения промышленных отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Данный метод применим для обезвреживания многих отходов, в том числе «неудобных» для сжигания или газификации: вязких, пастообразных отходов, влажных осадков, пластмасс, шламов с большим содержанием золы, загрязненную мазутом, маслами и другими соединениями землю, сильно пылящих отходов. Кроме этого, окислительному пиролизу могут подвергаться отходы, содержащие металлы и их соли, которые плавятся и возгораются при нормальных температурах сжигания, отработанные шины, кабели в измельченном состоянии, автомобильный скрап и др.

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Промышленные процессы производства ацетилена из углеводородного сырья можно классифицировать по способам подведения тепловой энергии, необходимой для протекания реакции. Так, существуют три группы таких процессов, основанные на: а) электрическом разряде, б) пиролизе в пламени и в) пиролизе в регенеративных печах

### Процессы в электрическом разряде

При процессах этой группы для подведения к углеводородному сырью необходимого количества энергии с чрезвычайно высокой плотностью теплового потока (вследствие чего время, требуемое на нагрев углеводородного сырья, сокращается до минимума) используется электрическая энергия. Однако при этом методе возникает проблема быстрого охлаждения горячих газов до температуры, при которой протекание дальнейших реакций прекращается, чтобы предотвратить разложение образовавшегося ацетилена и до охлаждения газов, отходящих из электрической дуги, большими количествами более холодного окружающего газа, погружение электрической дуги в углеводородную жидкость и заколочное охлаждение газообразных продуктов впрыском водяной струи.

Так как электроэнергия обычно сравнительно дорога, при подобных процессах обычно не удается использовать добавку к сыревому потоку больших количеств дополнительных компонентов для подавления побочных реакций. Дело в том, что такие разбавители также необходимо нагревать до температуры реакции, что требует затраты дополнительного количества электроэнергии.

Преимущество электрических процессов получения ацетилена из углеводородного сырья заключается в значительно большей степени превращения по сравнению с рассматриваемыми дальше процессами частичного сгорания (термоокисление крекинга). Удельный расход энергии при использовании метана в качестве сырья составляет около 10–11 квт·ч на 1 кг ацетилена; при электрокрекинге более высокомолекулярного

углеводородного сырья удельный расход энергии снижается. Высокая степень использования сырья частично компенсирует значительные затраты на энергию, особенно в тех случаях, когда для получения электроэнергии используется более дешевое топливо, чем углеводородное сырье. Это возможно, например, при применении отходящих газов процесса (после выделения образующегося ацетилена) в качестве топлива для удовлетворения потребности процесса в электроэнергии. Однако по экономическим соображениям отходящий газ с высоким содержанием водорода часто предпочтительнее использовать для производства различных химических продуктов.

Особенностью электрических процессов является возможность проведения их под давлением, равным или несколько превышающим атмосферное. Потенциальную опасность производственного травматизма, обусловленную применением электроэнергетического оборудования повышенного напряжения, можно значительной степени устранить соответствующими мерами, предусматриваемыми при проектировании установок.

Единственный процесс электрокрекинга, который осуществлен в промышленном масштабе, это так называемый дуговой процесс, применяемый на химическом заводе в Хюльсе (ФРГ). Этот процесс непрерывный; экономические показатели его в значительной степени обусловлены сравнительно низкой стоимостью электроэнергии. Производительность установки достигает 45 млн. м<sup>3</sup> ацетилена в год. Со временем прежних публикаций, посвященных этому процессу, внедрен ряд усовершенствований в методы регулирования и в систему энергоснабжения, в результате которых повысилась надежность процесса.

## Исходное газовое сырье

### Природный газ

Основным сырьем при производстве ацетилена методом окислительного пиролиза метана является природный газ.

Из справочных таблиц видно, что главной составной частью природного газа является метан (от 75 до 99%). Содержание сероводорода в природном газе незначительно, но при транспортировании в него добавляют меркаптаны – вещества, содержащие серу и обладающие резким запахом ( $16\text{--}50 \text{ мг/м}^3$ ), что позволяет легко обнаружить утечку природного газа. Примерно 50% серы, содержащейся в исходном газе, переходит в товарный ацетилен (ацетилен-концентрат), в котором она является нежелательной примесью. Поэтому при содержании серо-органических соединений в природном газе более  $50 \text{ мг/м}^3$  предусматривается его очистка.

### Кислород и азот

В производстве ацетилена используют также кислород и азот. Последний применяется в качестве инертного разбавителя для предотвращения пожаров и взрывов.

Кислород и азот получают из воздуха путем его разделения при низких температурах (от  $-170$  до  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Это возможно благодаря различию температур кипения кислорода и азота (при 1 ат т. кип. жидкого кислорода минус  $183 \text{ }^\circ\text{C}$ ; т. кип. жидкого азота минус  $195,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Основные физические константы газов, участвующих в процессе, приведены в справочных таблицах. В настоящем разделе и далее по тексту все объемы газа приведены к нормальным условиям.

Таблица 1.

## Состав природного газа наиболее значительных месторождений

Месторождение	Состав газа, объемн%							
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Прочие
Ачердинское	99,4	0,40	–	–	–	0,2	–	–
Бакинское (Ленинское)	93,4		–	1,00	–	5,6	–	–
Березовское	95,5	0,83	0,35	0,02	-	0,3	3,0	–
Газли	94,4	3,00	0,90	0,60	0,5 (в сумме с H <sub>2</sub> O)	0,1	0,5	–
Дашавское	97,8			0 50	–	0,3	–	1,4 (H <sub>2</sub> S)
Джерак	88,9	6,90	0./0	0,40	0,2	0,5	2,2	0,2 (H <sub>2</sub> S)
Куйбышевское	74,6	–	–	0,50	–	0,2	–	24,7
Карадаг	93,4	2,2	1,40	1,10	1,2	0,5	0,2	H <sub>2</sub> S
Мелитопольское	97,9	-	0,10	–	–	0,2	1,8	–
Ставропольское	93,7	3,2	1,14	0,32	0,04	0,1	1,4	0,1
Саратовское	93,7	2,2	0,90	0,40	0,5	0,2	2,1	–
Ухтинское	88,0	1,90	0,02	0,48	-	0,3	9,3	–
Шебелинское	92,4	4,2		0,50		0,4	–	2,5

Процесс разделения воздуха включает следующие стадии

- а) очистка и осушка,
- б) сжижение,
- в) разделение на кислород и азот

Разделение осуществляется путем многократного и последовательного испарения жидкого воздуха и конденсации паров. В промышленности применяют несколько типов воздухоразделительных установок БР (блоки

разделения воздуха), различающихся методом получения холода способом очистки и осушки воздуха, а также схемой ректификации В таблице приведены основные показатели работы наиболее высокопроизводительной установки, применяемой на промышленных предприятиях по получению ацетилена

Таблица 2.

*Основные показатели работы установки БР-1*

Производительность по кислороду	Количество переработанного воздуха	Концентрация O <sub>2</sub> после регенерации, %	Концентрация N <sub>2</sub> после регенерации, %	Избыточное давление перед блоком разделения, ат	Избыточное давление после турбокомпрессора, ат	Удельный расход энергии на валу компрессора кВт ч/м <sup>3</sup>
7000	36 000	96	98,5	3,90	4,0	0,38
10 000	49 000	96	99,3	4,60	4,80	0,40
	50 000	97	99,1	4,65	4,85	0,41
	53 000	98	97,9	4,80	5,00	0,44
12 500	62 000	96	99,3	5,25	5,50	0,43
	63 000	97	99,1	5,30	5,55	0,44
	67 000	98	97,9	5,50	5,75	0,47
15 000	75 000	96	99,2	5,80	6,20	0,45

## ТЕХНОЛОГИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПИРОЛИЗА ПРИРОДНОГО ГАЗА

За последние годы ацетилен находит все более широкое применение как исходное сырье при производстве различных химических продуктов: мономеров для хлоропренового каучука, некоторых пластических масс (поливинилхлорида, поливинилацетата), химических волокон, а также растворителей (трихлорэтилена, перхлорэтилена), ацетальдегида и др.

Основным источником получения ацетилена в настоящее время является карбид кальция. Но значительная энергоемкость карбидного ацетилена и связанная с этим его высокая стоимость привели к появлению после первой половины XX века, как за границей, так и в Узбекистане методов производства ацетилена из углеводородного сырья. Одним из таких методов является окислительный пиролиз метана. Главные достоинства окислительного пиролиза – значительно меньшее потребление энергии, чем при карбидном способе, и использование дешевого и широко распространенного природного газа. Однако при производстве ацетилена экономически оправданными являются те методы, которые позволяют получать наиболее дешевый продукт на основе имеющихся в данном районе энергетических и материальных ресурсов.

Проведенные технико-экономические исследования показали, что для европейских районов наиболее экономичным методом производства ацетилена является окислительный пиролиз метана. При наличии дешевой электроэнергии и достаточного количества сырья (известняка и кокса) складываются более благоприятные экономические предпосылки для производства ацетилена из карбида кальция. Такое положение существует в восточных районах нашей страны. Следовательно, в дальнейшем наряду с карбидным ацетиленом будет значительно развиваться производство ацетилена окислительным пиролизом метана.

*Общие сведения об окислительном пиролизе метана некоторые факторы, влияющие на процесс пиролиза*

Важным фактором, определяющим эффективность процесса пиролиза, является стойкость исходных и получаемых углеводородов при высокой температуре. О термической стойкости углеводородов можно судить по изменению свободной энергии их образования в зависимости от температуры. Чем ниже свободная энергия при данной температуре, тем стабильнее углеводород. Исследования этой зависимости показаны на рис. 1. Из графика видно, что стабильность ацетилена с повышением температуры увеличивается, в то время как стабильность других углеводородов падает, и они при соответствующих условиях превращаются в ацетилен. Свободная энергия образования ацетилена при 1200 °С меньше свободной энергии образования метана; это указывает на возможность образования ацетилена непосредственно из метана.

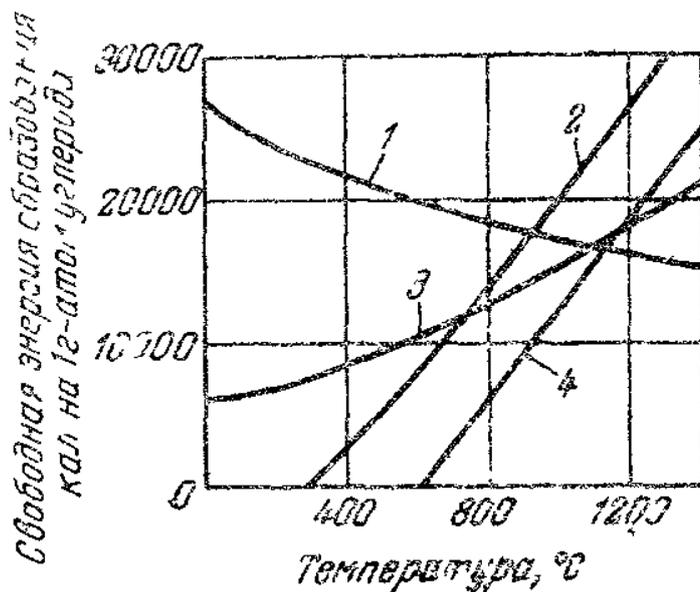
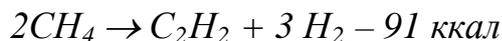


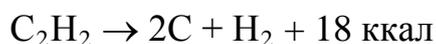
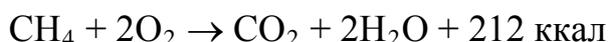
Рисунок 1. Изменение свободной энергии образования углеводородов в зависимости от температуры

1 – ацетилен, 2 – этан; 3 – этилен, 4 – метан

В настоящее время нет подробной кинетической схемы окислительного пиролиза метана. Однако сам процесс можно представить рядом химических уравнений. Ацетилен получают из метана путем его термического разложения по реакции:



Необходимое для поддержания реакции тепло подводится путем нагрева исходных газов и в результате сжигания небольшого количества метана непосредственно в реакционном объеме. В связи с тем, что процесс осуществляется в факеле, наряду с образованием ацетилена протекает ряд побочных реакций:



Кроме указанных протекают также реакции образования высших ацетиленовых углеводородов: диацетилена, метил ацетилена, винилацетилена и др.

В табл. 1 приведена равновесная степень превращения метана в ацетилен по реакции (1), т.е. в предположении, что ацетилен не разлагается на углерод и водород. Как видно из таблицы, уже в интервале 1400–2000 °К степень превращения метана в ацетилен достаточно высокая.

Таблица 3.

Температурная зависимость степени превращения метана в ацетилен

Степень превращения метана по реакции, в %			Степень превращения метана по реакции, в %		
Температура, °К	при 0,1 ат	при 1,0 ат	Температура, °К	при 0,1 ат	при 1,0 ат
500	0,000	0,000	2200	99,968	99,680
1000	4,840	1,530	2400	99,987	99,870

1200	35,200	11,800	2600	99,994	99,963
1400	85,450	46,200	2800	99,997	99,971
1600	97,970	84,000	3000	99,998	99,983
2000	99,900	99,030			

Однако известно, что при этих же температурах протекает реакция разложения ацетилена на простые вещества. Количество разложившегося ацетилена зависит от степени приближения к равновесию. При достаточном времени реакции весь ацетилен превращается в углерод и водород. Следовательно, в этих условиях ацетилен является термодинамически неустойчивым соединением.

Для получения заметных количеств ацетилена необходимо подобрать такие условия процесса, чтобы скорость реакции образования ацетилена превышала скорость реакции его разложения. Регулировать соотношение скоростей этих реакций можно путем изменения температуры и давления процесса. Температура окислительного пиролиза определяется содержанием кислорода в исходной смеси и температурой предварительного нагрева этой смеси. Существует оптимальное отношение  $O_2: CH_4$ , выше и ниже которого при постоянной температуре исходной смеси выход ацетилена снижается. При этом оптимальном отношении температура окислительного пиролиза метана до ацетилена составляет 1300–1500 °С (1600–1800 °К).

Предварительный нагрев исходных потоков позволяет снизить отношение  $O_2: CH_4$ , так как в этом случае достаточно, чтобы была сожжена меньшая доля метана, и, следовательно, большее количество метана сможет превратиться в ацетилен. Таким образом, повышение температуры предварительного нагрева исходных потоков приводит к увеличению выхода ацетилена. В промышленных условиях используют предварительный подогрев метана и кислорода до 650 °С.

Ход процесса пиролиза и его конечные результаты в значительной степени определяются соотношением  $O_2: CH_4$ . Это соотношение определяет

воспламеняемость смеси, кинетику реакций, количество окисляющегося метана и степень превращения метана в ацетилен. Кроме того, состав исходной метано-кислородной смеси влияет на тепловой баланс окислительного пиролиза метана.

Как видно из рисунка, тепловой баланс замыкается при соотношениях  $O_2:CH_4 = 0,65$  (точка А) и  $O_2:CH_4 = 0,58$  (точка Б). Следовательно, в интервале значений  $O_2: CH_4$  от 0,58 до 0,65 окислительный пиролиз можно осуществлять в пламени неполного горения метана, так как процесс при этих соотношениях носит аутотермический характер. Увеличение соотношения  $O_2: CH_4$  сверх 0,65 приводит к уменьшению образования ацетилена. Если это соотношение меньше 0,58, аутотермичность процесса пиролиза нарушается и процесс можно вести только при подводе значительных количеств тепла извне (со стороны).

На промышленной установке при подогреве исходной смеси до 600–650 °С соотношение  $O_2: CH_4$  колеблется от 0,58 до 0,60. При этом степень превращения метана в ацетилен достигает 30–31%, а содержание ацетилена в газах пиролиза 8,0–8,2 объемный %.

В процессе окислительного пиролиза природного газа до ацетилена в качестве побочного продукта образуется сажа, которая улавливается из газов пиролиза в системе аппаратов очистки и попадает в оборотную воду. Для эффективного извлечения сажи из оборотной воды необходимо учитывать смачивание сажи водой. Поведение сажи в воде зависит от ее дисперсности, газонасыщенности, наличия смолистых веществ и т.д. Например, увеличение смолистых веществ уменьшает пористость сажи и увеличивает ее плотность. В этом случае сажа представляет собой агломераты различной величины и плохо всплывает.

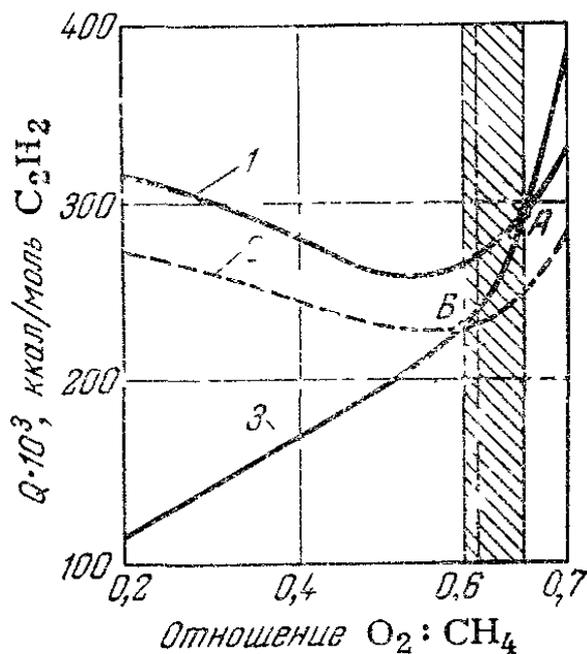


Рисунок 2. Изменение тепловыделения при реакциях окислительного пиролиза метана до ацетилена в зависимости от состава метан-кислородной смеси: 1 – необходимое количество тепла при отсутствии подогрева метана и кислорода; 2 – то же, но при подогреве метана и кислорода до 600 °С; 3 – суммарное тепловыделение реакций окисления

Опыт работы действующих установок окислительного пиролиза показал, что количество и качество образующейся сажи зависят от режима пиролиза, причем более всего от отношения  $O_2 : CH_4$ . Когда процесс окислительного пиролиза осуществляется при отношении  $O_2 : CH_4$ , близком к нижней границе (0,58), сажа мелкодисперсна и хорошо всплывает. Но с таким соотношением можно работать только при высоком предварительном подогреве исходных газов. Если же процесс проводится при отношении  $O_2 : CH_4$ , близком к верхней границе (0,65), то количество сажи увеличивается и ее свойства изменяются. В этом случае часть сажи, которая собирается на поверхности сажеотстойника, представляет собой вспенившуюся массу, трудно транспортируемую к месту утилизации. Значительная же часть ее не всплывает и попадает в систему охлаждения оборотной воды. При этом сало оседает в бассейнах градирен, в коммуникациях и технологических

аппаратах, что мешает работе оборудования и приводит к нарушению санитарных норм при обслуживании производства. Таким образом, чтобы обеспечить полное извлечение сажи из оборотной воды и возможность последующей ее утилизации, необходимо поддерживать в реакторе установленное практически отношение  $O_2: CH_4$ .

Окислительный пиролиз метана до ацетилена является полностью аутотермическим процессом: при протекании экзотермических реакций окисления выделяется тепло, которого достаточно для осуществления эндотермических (с поглощением тепла) реакций пиролиза. Сжигание части углеводорода для получения необходимого тепла и сам процесс расщепления оставшегося углеводорода протекают в одном факеле. Это обуславливает эффективную теплопередачу от источника тепла к нагреваемым компонентам. Для ускорения теплопередачи и равномерного распределения температур в реакционной зоне используют турбулизацию газового потока. Наряду с турбулизацией газового потока существенное влияние на выход ацетилена оказывает продолжительность протекания реакций. Установлено, что при  $1500\text{ }^\circ\text{C}$  и времени пребывания газов в реакционной зоне  $0,01$  сек происходит в основном образование ацетилена по реакции; при более длительном пребывании газов в зоне реакции ацетилен разлагается по реакции. При более низких температурах и более продолжительном нагреве возможно образование бензола.

#### **«Закалка» газов пиролиза**

Ацетилен как промежуточный продукт является нестабильным соединением, поэтому для предотвращения его разложения необходимо быстро охлаждать газы пиролиза («закалка»). «Закалку» осуществляют, впрыскивая воду в поток газов пиролиза через два или три кольца сопел, расположенных на разных уровнях. Через верхние сопла подают горячую воду, через нижние – холодную. Подача горячей воды обеспечивает быстрое охлаждение газов пиролиза за счет интенсивного ее испарения. Подачей холодной воды добиваются дальнейшего охлаждения газов до  $200\text{ }^\circ\text{C}$ . Воду

из «закалочной» камеры выводят при 80 °С, чтобы избежать больших потерь ацетилена.

Изменение растворимости ацетилена в воде в зависимости от температуры показано ниже:

Таблица 4.

Температура	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Растворимость	1,31	1,03	0,84	0,72	0,60	0,5	0,45	0,40	0,35

Некоторые технологические показатели процесса пиролиза

Процесс окислительного пиролиза метана до ацетилена может быть осуществлен при соотношении чистых компонентов  $O_2: CH_4 = 0,58 \div 0,65$ . В промышленности для пиролиза используются не чистые метан и кислород, а смесь природного газа с техническим кислородом. Поэтому исходная метано-кислородная смесь содержит в качестве примесей  $N_2$ ,  $CO_2$  и насыщенные углеводороды от  $C_2$  до  $C_5$ . Наличие этих примесей требует дополнительного расхода тепла на их нагрев. Кроме того, присутствие  $N_2$  и  $CO_2$  в исходной газовой смеси приводит к понижению концентрации ацетилена в газах пиролиза.

Практика эксплуатации промышленных установок показала, что насыщенные углеводороды  $C_2$  и выше при содержании их от 2 до 6% не влияют на выход ацетилена, однако присутствие этих углеводородов повышает воспламеняемость исходной смеси и, следовательно, влияет на температуру ее предварительного подогрева. Например, природный газ имеет следующий состав (в %):

Следующий состав природный газ

Таблица 5.

$CH_4$	91,5–93,5
$C_2H_6$	3,0–3,8
$C_3H_8$	1,0–1,8

$C_4H_{10}$	0,4–0,5
$C_5H_{12}$	0,1–0,13

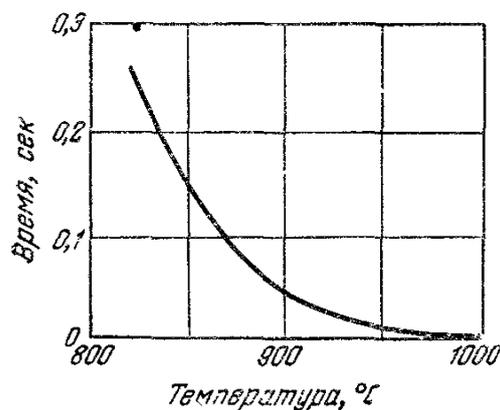


Рисунок 3. Изменение индукционного периода воспламенения метано-кислородной смеси  $O_2: CH_4 = 0,6$  в зависимости от температуры

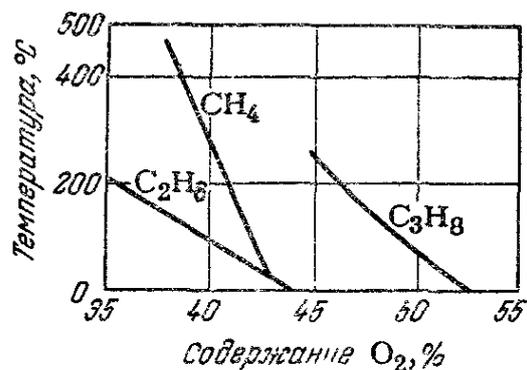


Рисунок 4. Изменение верхнего предела воспламенения смесей  $CH_4$ ,  $C_2H_6$  и  $C_3H_8$  с кислородом в зависимости от температуры

В природном газе указанного состава общее содержание парафиновых углеводородов  $C_5$  и выше составляет 4,5–5,6%, поэтому стабильную работу реакторов удастся обеспечить при подогреве газовых потоков ( $CH_4$  и  $O_2$ ) только до 580 °C. При этом содержание ацетилена в газах пиролиза составляет 7,4–1,1%.

При более высокой температуре подогрева наблюдаются частые загорания метано-кислородной смеси в смесителе (диффузоре) реактора, что

приводит к его аварийной остановке. Чтобы в таких условиях обеспечить содержание ацетилена в газах пиролиза 8,0 – 8,2 объемн.%, требуется увеличить отношение  $O_2: CH_4$ , что ведет к повышенному расходу кислорода на 1 г получаемого ацетилена.

Метано-кислородные смеси, используемые в промышленном производстве ацетилена, содержат 60–64%  $CH_4$  и 40–36%  $O_2$ , т.е. находятся выше верхнего предела воспламенения таких смесей (57 объемн.%  $CH_4$ ). Для обеспечения их устойчивого горения необходим предварительный нагрев, который приводит к значительному улучшению горючих свойств исходной газовой смеси: уменьшается индукционный период воспламенения (рис. 3), расширяются концентрационные пределы воспламенения (рис. 4), возрастает скорость распространения пламени.

Кроме улучшения горючих свойств метано-кислородной смеси предварительный подогрев приводит к уменьшению расхода газов на 1 т получаемого ацетилена, что видно из следующих данных:

Таблица 6.

Температура подогрева, °С	500	600	700
Расход, м <sup>3</sup> :			
метана	6350	6000	5500
кислорода	3850	3570	3220
Степень превращения метана в ацетилен, %	27,1	29,0	31,2

## **Производство ацетилена**

Принципиальная технологическая схема окислительного пиролиза метана до ацетилена приведена на рис. 5. Производство ацетилена состоит из следующих стадий (отделений): пиролиза, компрессии и концентрирования.

Отделение пиролиза предназначено для получения газов пиролиза, содержащих ацетилен, и очистки их от нежелательных примесей (сажа и ароматические углеводороды). К этому отделению относятся также сажеотстойники, в которых воду очищают от сажи. Пиролиз будет подробно рассмотрен ниже, поэтому здесь остановимся на нем кратко.

Кислород после кислорододувки 1 и природный газ из коллектора, пройдя радиационно-конвективные подогреватели 2 и 3, поступают в смеситель 5. Там газовые потоки тщательно смешиваются и поступают в реактор 6, где происходит разложение метана до ацетилена. Из реактора газы пиролиза, пройдя «закалку», направляются для дальнейшего охлаждения в скруббер-охладитель 8, орошаемый водой. После этого газовая смесь проходит систему сажечистки: электрофильтр 9 пенный аппарат 10. Охлажденные и очищенные от сажи газы поступают в предварительный абсорбер 11 (форабсорбер), где из них растворителем частично извлекаются ароматические соединения.

Все воды, содержащие сажу (из реактора, скруббера-охладителя, электрофильтра и пенного аппарата), через гидрозатворы 7 самотеком поступают в сажеотстойник 41. Всплывшая на поверхность сажа подается из сажеотстойника скребковым транспортером 40 в емкость 42 с мешалкой, откуда шламовым насосом 43 направляется на сжигание.

Отделение компрессии предназначено для сжатия газов пиролиза турбокомпрессорами. Во избежание самопроизвольного разложения ацетилена его парциальное давление на стадии выделения не должно превышать 1,4 ат. Поэтому давление процесса выбирают таким, чтобы обеспечить безопасность при извлечении ацетилена из газовой смеси, и принимают равным примерно 10 ат.

Отделение концентрирования предназначено для разделения смеси газов пиролиза на узкие фракции, ацетилен-концентрат, синтез-газ и высшие ацетиленовые углеводороды.

Газы пиролиза под давлением около 10 ат поступают в низ абсорбера 18, где растворителем (N-метилпирролидон, диметилформаид и др.), поступающим сверху, из них извлекаются хорошо растворимые газы: ацетилен, высшие ацетиленовые углеводороды и часть двуокиси углерода. Нерастворенные газы (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>s</sub> и др.) направляются к потребителю. Эта фракция называется синтез-газом, так как может быть использована для получения аммиака или метанола

Отработанный раствор с содержащимися в нем газами поступает из абсорбера в верхнюю часть десорбера 21 (I ступени), где путем снижения до избыточного давления 0,2–0,3 атм и отдувки ацетиленом из раствора выделяют двуокись углерода. В связи с тем, что двуокись углерода увлекает с собой некоторое количество ацетилена, эти газы возвращают на всасывание компрессора Поэтому их называют возвратными газами.

Растворитель, содержащий ацетилен и высшие ацетиленовые углеводороды, из куба десорбера 21 насосом 44 подается в теплообменник 23. После этого он поступает в верхнюю часть десорбера 25 (II ступени), где в результате повышения температуры выделяется часть растворенного ацетилена. Из верхней части десорбера 25 раствор поступает в среднюю часть аппарата, где поддерживается остаточное давление 0,2 ат. В этих условиях весь ацетилен десорбируется из раствора.

Выделившийся ацетилен, пройдя конденсатор 30, подается вакуум-насосом 31 в верхнюю часть десорбера 25 и затем – в низ десорбера 21. Из средней части десорбер 21 отбирают товарный ацетилен, который после промывателя 20 и огнепреградителя 19 направляют к потребителю.

Высшие ацетиленовые углеводороды выделяются в кубе десорбера 25 при дальнейшем подогреве раствора (для подвода необходимого тепла имеется кипятыльник 26). Затем они проходят вспомогательную колонну 27,

где отмываются пары растворителя, барометрический конденсатор 28 и вакуум-эжекторную установку 29 и направляются на сжигание.

Высокая температура водного раствора в кубе десорбера 25 способствует образованию полимеров высших ацетиленовых углеводов. При значительном их количестве ухудшается абсорбционная способность рабочего раствора и забивается теплообменная аппаратура. Поэтому во избежание накопления полимеров в растворе часть его выводят на регенерацию.

Регенерацию проводят методом двухступенчатого упаривания в вакууме. Первая ступень осуществляется непрерывно в системе: циркуляционный насос 32-подогреватель 33– испаритель 34; вторая ступень проводится периодически в испарителе 37 (II ступень). В обеих ступенях конденсация паров растворителя происходит в конденсаторах 35 и 38, разрежение создается вакуум-инжекционными установками 36 и 39. Полимеры, выделенные из раствора, направляют на сжигание.

### **Технологическая схема окислительного пиролиза**

Производство ацетилена окислительным пиролизом природного газа может состоять из нескольких линий (ниток), каждая из которых включает подогреватель природного газа, подогреватель кислорода, ацетиленовый реактор, систему аппаратов сажеочистки и др. Ниже дается описание одной линии пиролиза (рис. 6).

Кислород из коллектора поступает в подогреватель, там он проходит противотоком к дымовым газам через змеевики конвективной зоны, а затем прямотоком – через змеевики радиационной зоны. В камере сжигания подогревателя имеется горелка для подачи природного газа, зажигаемая постоянно горячей дежурной горелкой. Работа дежурной горелки контролируется специальным прибором, включенным в систему защитной блокировки. Расход кислорода автоматически регулируется регулятором соотношения  $P_3$  в зависимости от количества подаваемого природного газа в реактор. Соотношение количеств кислорода и природного газа периодически

корректируется вручную в зависимости от состава природного газа, температуры подогрева и концентрации кислорода. Уменьшение расхода кислорода ниже нормы сопровождается световыми сигналами (предупредительным и аварийным); кроме этого, предусмотрена система блокировки, переводящая линию в состояние безопасности. В трубопроводе кислорода перед подогревателем предусмотрен подвод азота (избыточное давление 5 ат) на случай аварийной остановки, вызванной срабатыванием защитной блокировки.

Поступающий природный газ дросселируется до давления 2 ат и направляется в подогреватель природного газа 3. Давление в коллекторе природного газа регистрируется, при его уменьшении в ЦПУ загорается сигнальная лампа. Заданный расход природного газа в подогревателе 3 поддерживается регулятором Р2, связанным регулятором соотношения с регулятором расхода кислорода Р3. Регулятор соотношения работает таким образом, что при любом изменении расхода природного газа автоматически изменяется расход кислорода, чтобы отношение  $O_2: CH_4$  оставалось строго постоянным. Необходимо изменять расход природного газа медленно, чтобы регулятор соотношения успевал следить за этими переменами. Рекомендуется изменять расход небольшими ступенями, примерно по 50 лг. При уменьшении расхода природного газа ниже нормы в ЦПУ загораются световые предупредительный и аварийный сигналы. Кроме того, при снижении расхода природного газа до аварийной нормы срабатывает автоматическая защитная блокировка, переводящая линию в состояние безопасности.

Природный газ, нагретый в конвективной зоне подогревателя 3 до 350–400° С, поступает в фильтр 2 для очистки от механических примесей. В случае забивания фильтрующей ткани мелкие частицы ржавчины, окалины и т.п. проходят через фильтр, вызывая преждевременное загорание газовой смеси в смесителе реактора. Поэтому при увеличении сопротивления фильтра необходимо очищать фильтрующую ткань. Очищенный природный

газ поступает в радиационную зону подогревателя. Степень подогрева природного газа устанавливают в зависимости от содержания гомологов метана, которые значительно понижают температуру самовоспламенения природного газа. Направление газовых потоков и контроль за работой подогревателя природного газа такие же, как в подогревателе кислорода.

Предварительно подогретые технический кислород и природный газ отдельно направляют в смеситель 4 реактора. Однородность метано-кислородной смеси и постоянство ее состава оказывают большое влияние на выход ацетилена и стабильность процесса пиролиза. При отдельной подаче метана и кислорода в реакционную зону не удается обеспечить равномерное распределение кислорода по всему объему метана, и в этом случае оптимальные условия процесса не достигаются. Поэтому для обеспечения равномерной концентрации кислорода исходную газовую смесь предварительно перемешивают.

В промышленных установках получения ацетилена окислительным пиролизом метана исходные газы подогревают до 600° С. При этих условиях концентрация метана в смеси близка к пределам воспламенения, а температура смеси приближается к температуре самовоспламенения метана. Поэтому смешение нужно проводить быстро (меньше чем за индукционный период воспламенения смеси), чтобы исключить возможность самовоспламенения смеси.

После смесителя смесь поступает в реакционную зону, предварительно пройдя через горелку реактора. Горелка изготовлена из металла, нижняя часть ее охлаждается циркулирующим конденсатом. Количество конденсата, поступающего на охлаждение горелки, замеряется прибором Кэ, показания которого вынесены в ЦП. Уменьшение расхода конденсата сопровождается предупредительным и аварийным световыми сигналами. При уменьшении расхода конденсата ниже нормы срабатывает защитная блокировка, и реактор переводится в состояние безопасности.

Горелка имеет щель, по которой в зону реакции поступает смесь природного газа и кислорода. Для устранения возможности проскока пламени из реакционной зоны в смеситель необходимо скорость газа в щели поддерживать больше скорости распространения пламени. Если проскок пламени все же происходит, о чем свидетельствует повышение температуры в этой камере, то срабатывает защитная блокировка. При этом в реактор подается азот, и линия пиролиза автоматически переводится в состояние безопасности. Для стабилизации горения газовой смеси в реакционной зоне к корню факела подают дополнительный кислород двумя потоками: в центр горелки и на периферию. Регистрация количества стабилизирующего кислорода вынесена в ЦПУ (прибор Кг).

В результате реакции, происходящей в пламени при оптимальном соотношении кислорода и природного газа и при высоком предварительном подогреве, 30% метана крекируется до ацетилена, а 60% превращается в  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (остальное количество метана не вступает в реакцию). В газах пиролиза кроме указанных выше компонентов содержатся следующие примеси, образующиеся в результате побочных реакций: пропадиен (аллен)  $\text{C}_3\text{H}_4$ , метилацетилен  $\text{C}_3\text{H}_4$ , бутадиен – 1,3 (дивинил)  $\text{C}_4\text{H}_6$ , винилацетилен  $\text{C}_4\text{H}_4$ , диацетилен  $\text{C}_4\text{H}_2$  и олефины.

Наиболее существенным побочным продуктом является сажа, которая получается главным образом при разложении ацетилена. В нормальных производственных условиях часть ее оседает на стенках реакционного канала в виде закоксованного агломерата, который при определенном количестве оказывает нежелательное влияние на ход реакции. Поэтому его периодически удаляют с помощью сажеочистного механизма

Зона реакции ограничивается горелкой, охлаждаемой конденсатом, и зоной «закалки». Для предохранения образовавшегося ацетилена от разложения газы пиролиза подвергают «закалке» горячей и холодной оборотной водой, подаваемой от периферии газового потока к его центру из сопел, расположенных по кольцу в три яруса. При каждой плановой

остановке необходимо проверить, хорошо ли работают сопла для распыления воды; в случае необходимости их нужно прочистить. Количество воды, поступающей на «закалку», регистрируется прибором Кз. а уменьшение расхода сопровождается предупредительным и аварийным световыми сигналами в ЦПУ. При уменьшении расхода воды ниже допустимой нормы срабатывает защитная блокировка, переводящая линию пиролиза в состояние безопасности.

В нормальных производственных условиях в нижней части реактора температура газа около 80° С. Если реакционное пламя гаснет, температура начинает быстро падать. На этот случай предусмотрена защитная блокировка, приводящая к остановке реактора, так как в противном случае смесь природного газа и кислорода может пройти в электрофильтр, газгольдер газов пиролиза и в компрессор.

При нормальном режиме вода в нижней части реактора находится на уровне выпускной трубы. Аварийный сигнал указывает на закупорку выпускной трубы. Путем очистки коксоотделителя 6 это нарушение может быть устранено. Операция осуществляется из центрального пункта путем дистанционного управления задвижками Ду 28 и Ду 29.

Газы пиролиза из нижней части реактора поступают в скруббер 7, орошаемый оборотной водой, где охлаждаются до 60 °С – оптимальной температуры для эффективной работы электрофильтра 9. Температура газов на входе в электрофильтр поддерживается постоянной с помощью регулятора Рg путем изменения количества подаваемой в скруббер воды. В скруббере одновременно с охлаждением газа происходит частичное улавливание сажи и смол.

На период пуска и налаживания технологического режима, а также в случае превышения оптимального количества кислорода (выше 0,8 объемн.%) некондиционные газы пиролиза направляют через – предохранительный гидрозатвор 18 на свечу 8 для сжигания. При этом задвижка 3б на линии подачи газов пиролиза к электрофильтру бывает

полностью закрыта. Предусмотренная защитная блокировка не дает возможности открыть эту задвижку до тех пор, пока содержание кислорода в газах пиролиза не станет меньше 0,8 объемн.%.

На свече имеются постоянно горящие дежурные горелки, к которым подводится природный газ. Для зажигания дежурных горелок подводят запальный газ, который, пройдя инжекционный смеситель, зажигается с помощью электрозапального устройства. Контроль за наличием факела на свече осуществляется из ЦПУ. Для предотвращения сажеобразования при полном сжигании газов на факел подводят водяной пар.

На линии газов пиролиза после скруббера 7 установлен на отводе предохранительный гидрозатвор 18, предназначенный для поддержания давления газов пиролиза в системе постоянным. В случае повышения давления сверх 1500 мм вод. ст. газы сбрасывают через этот гидрозатвор на свечу 8.

После скруббера 7 газы направляют в электрофильтр 9, где улавливаются частицы сажи и смолы. В электрофильтре газы проходят через неоднородное электрическое поле постоянного направления и высокого напряжения, образующееся между осадительными коронирующими электродами. При разности потенциалов 45–55 тыс. в у коронирующих электродов создается постоянный коронный разряд, в зоне которого происходит ударная ионизация газа с образованием огромного количества ионов и электронов. Последние, двигаясь под действием электрического поля, сталкиваются с частицами сажи и смолы, адсорбируются ими и сообщают им свой заряд. Затем частицы движутся к осадительным электродам и отлагаются на них.

Питание электрофильтра током высокого напряжения происходит от повысительно-выпрямительных электроагрегатов типа АФА-90–200, установленных в специальном помещении.

При любом нарушении технологического режима, а также в случае понижения температуры в коробках изоляторов ниже 120° С подача на

электрофильтр тока высокого напряжения автоматически прекращается. При этом закрывается задвижка 36 на линии подачи газа в электрофильтр и открывается задвижка 37 на линии сброса газов на свечу. В случае зарастания осадительных электродов фильтр периодически промывают водой. Во время промывки питание фильтра током высокого напряжения автоматически прекращается, и очистка газа не происходит. Поэтому время промывки желательно максимально сокращать.

Из электрофильтра газы поступают в пенный аппарат 10 с четырьмя решетками провального типа, который предназначен для охлаждения газа водой до 35–40 °С с одновременным доулавливанием частиц сажи, прошедших через электрофильтр. Температура газов на выходе из пенного аппарата поддерживается постоянной путем изменения количества воды, подаваемой в аппарат; эта температура тоже регистрируется в ЦПУ.

После окончательной очистки и охлаждения газы пиролиза поступают в агрегатный коллектор. При этом они подвергаются непрерывному автоматическому анализу на содержание метана и ацетилена; показания регистрируются в ЦПУ. Из коллектора газы, очищенные от сажи и охлажденные до 35–40° С, поступают в форабсорбер 11 для предварительной промывки растворителем, который используют на стадии концентрирования ацетилена. После предварительной промывки поток газов направляют к компрессорам или в газгольдер.

Из отделения концентрирования свежий растворитель с 2% воды непрерывно подают в форабсорбер, а соответствующее количество циркулирующего растворителя возвращают в отделение концентрирования. Подача свежего растворителя контролируется прибором К\*. Количество свежего растворителя устанавливают таким, чтобы концентрация воды в циркулирующем растворителе не превышала 10%. Циркулирующий растворитель перекачивается насосом 12 через холодильник 13 в форабсорбер, где стекает по тарелкам вниз. Уровень растворителя в

форабсорбере поддерживается регулятором Рд\ в ЦПУ подается световой сигнал в случае достижения верхнего и нижнего допустимого уровня.

Вода после «закалки» газов пиролиза из коксоотделителя 6, а также из скруббера 7, электрофилтра 9 и пенного аппарата 10 через гидрозатворы 14, 15 и 16 самотеком поступает в сажеотстойник. В гидрозатворы подается азот из коллектора при избыточном давлении 2000 мм вод. ст., чтобы исключить возможность попадания воздуха в систему.

В подаваемом на процесс азоте содержалось 97–98 объемн.% ( $N_2$ -Ar). В N-метилпирролидоне, выходящем из форабсорбера, содержание воды достигало 10 вес.%.

На стр. 30 даны некоторые технологические показатели процесса окислительного пиролиза метана до ацетилена, полученные при промышленном испытании реактора с кольцевой горелкой.

Таблица 7.

Расход	м <sup>3</sup> /ч
кислорода на процесс	2600–4000
природного газа на процесс	4000–6500
в подогреватель кислорода	80–150
в подогреватель природного газа	250–400
воды на «закалку»	До 100
в скруббер сажеочистки	110–130
в пенный аппарат	30–40
в электрофилтр	До 100
Отношение кислорода и природного газа	0,58–0,65

Таблица 8.

Температура	°С:
кислорода и природного газа после подогревателей	До 650
исходной смеси в смесителе	До 650
газов в реакционной зоне	1300–1500
дымовых газов в подогревателях	До 1100
в нижней части подогревателя кислорода	
» природного газа	До 1300
на входе в конвекционную зону	700–900

на выходе из подогревателей	250–300
-----------------------------	---------

Таблица 9.

Состав кислорода, подаваемого на пиролиз	объемн. %:
O <sub>2</sub>	95–96
N <sub>2</sub> +Ar	4–5

Таблица 10.

Состав природного газа, подаваемого на пиролиз	объемн. %:
CH <sub>4</sub>	92,4–94,3
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3,5–4,2
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,9–2,0
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,6–0,7
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> и др.	0,6–0,97
H <sub>2</sub> S и сероорганические соединения	20–40 мг/м <sup>3</sup>

Таблица 11.

Состав газов пиролиза, выходящих из реактора	объемн. %:
CH <sub>4</sub> 5,0–6,0	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 0,1
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 7,5–8,5	H <sub>2</sub> 51,6–54,8
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 0,3–0,5	O <sub>2</sub> 0,2–0,8
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> 0,01–0,07	CO 25,9–27,0
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 0,05	CO <sub>2</sub> 3,6–4,0
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> 0,1	N <sub>2</sub> + Ar 1,6–1,8

Содержание сажи в газах пиролиза, мг/м <sup>3</sup> :	
после реактора	3000–4000
после пенного аппарата	1–3

**Оборудование линии окислительного пиролиза.** Радиационно-конвективные подогреватели предназначены для высокотемпературного подогрева природного газа и кислорода и представляют собой вертикальные

аппараты, состоящие из конвективной (верхняя) и радиационной (нижняя) зон. Тепловоспринимающая поверхность конвективной зоны представляет собой змеевики различного диаметра, а радиационная зона – многозаходный змеевик постоянного диаметра. Для равномерного обтекания дымовыми газами тепловоспринимающей поверхности в центре конвективной зоны установлен специальный вытеснитель.

Тепло, необходимое для нагрева технологических газов, образуется при сжигании некоторого количества природного газа в горелках, установленных в нижней части подогревателя. Воздух, необходимый для горения, проходит в радиационную зону за счет инжекции в горелке (первичный воздух), а частично за счет тяги, обеспечиваемой дымовой трубой (вторичный воздух). Нагреваемый газ проходит сначала по змеевикам конвективной зоны сверху вниз, а затем по змеевику радиационной зоны снизу вверх» Таким образом, в конвективной зоне подогревателя осуществлен принцип противотока, а в радиационной зоне – принцип прямотока.

Корпус подогревателя и дымовая труба изготавливаются из углеродистой стали, а тепловоспринимающая поверхность – из нержавеющей и жаропрочной сталей. Подогреватель футерован огнеупорными материалами.

На рис. 7 показан подогреватель природного газа. Тепловоспринимающая поверхность конвективной зоны подогревателя состоит из пяти трехзаходных змеевиков 2, 3, 4, 5 и 6. В радиационной зоне имеется один пятизаходный змеевик 9. В подогревателе предусмотрена возможность вывода нагреваемого газа после конвективной зоны для очистки от сероорганических соединений.

Топливный газ сжигается в инжекционных горелках 15 конструкции «Стальпроект» Вторичный воздух поступает в радиационную зону через отверстия 16 в поду подогревателя, количество его регулируют заслонкой, установленной в дымовой трубе. Для регулирования степени нагрева газа в змеевике радиационной зоны имеется специальное устройство 14.

На рис. 8 показан подогреватель кислорода. Тепловоспринимающие поверхности конвективной и радиационной зон представляют собой пять однозаходных змеевиков. Отличительные особенности данной конструкции следующие:

1) Нагреваемый газ после конвективной зоны не собирается в коллектор, как в подогревателе природного газа, а идет по тем же змеевикам в радиационную зону. Вся тепловоспринимающая поверхность выполнена из труб одного диаметра.

2) Топливный газ сжигается в горелках неполного предварительного смешения. Количество вторичного воздуха регулируют жалюзийной решеткой на горелке.

Газовые горелки для радиационно-конвективных газоподогревателей используются двух типов: факельные неполного предварительного смешения и бесфакельные инжекционные.

Подаваемый на сжигание газ за счет высоких скоростей в сопле 5 инжектирует первичный воздух, поступающий по кольцевому зазору между регулировочной шайбой 4 и конфузоров 3. Смесь газа и воздуха, пройдя смесительную трубу 2, поступает в лучи 6 горелочного венчика /. В лучах имеются отверстия, и поток газа разделяется дополнительно на большое число малых потоков. Основное число отверстий в лучах расположено под углом к вертикали, благодаря чему получается закрученный газовый поток. При рассредоточенном и направленном под углом к вертикали подводе сжигаемого газа обеспечивается равномерное заполнение радиационной зоны продуктами горения. Вторичный воздух поступает в пространство между лучами горелочного венчика. Соотношение количеств первичного и вторичного воздуха регулируется; благодаря чему устанавливается необходимая конфигурация пламени для обеспечения наиболее эффективной теплоотдачи.

Реактор (реакционная печь) окислительного пиролиза метана до ацетилена состоит из следующих частей: смесительного устройства, горелки (или горелочного блока), реакционной зоны и зоны «закалки».

Смеситель обеспечивает равномерную концентрацию исходных газов в горизонтальном сечении аппарата перед их поступлением в горелочный блок. Смесители могут быть различной конструкции, но при их разработке соблюдают следующие условия 1) время пребывания газовой смеси в смесителе меньше индукционного периода воспламенения смеси (при 600° С он составляет 2–3 сек), 2) скорость газового потока в смесителе больше скорости распространения пламени.

Горелки (или горелочные блоки) реакционной печи могут быть двух видов В первых газовый поток перед (ходом в реакционную зону) расчленяется на большое число струй малого диаметра Это так называемые многоканальные горелки В них скорости реакционного газового потока сравнительно малы. Для горелок второго типа (кольцевых) характерны высокие скорости газового потока, расчлененного на небольшое число мощных струй.

Реакционная зона во всех печах ограничена, сбоку – стенками печи, сверху – горелкой (или горелочным блоком), снизу – зоной «закалки». Геометрические размеры и объем реакционной зоны должны обеспечивать замыкание факела и стабильный процесс пиролиза. Боковые стенки реакционной зоны можно изготавливать из огнеупоров (см. рис. 11 и 13) или из металла (рис. 12). В реакторах, представленных на рис. 11 и 13, наблюдаются меньшие потери тепла в окружающее пространство, чем в реакторе на рис. 12, но на стенках реакционной зоны отлагается сажа, поэтому необходим сажеочистной механизм. В реакторе, изображенном на рис. 12, стенки реакционной зоны защищены от действия температуры водяным экраном. Вода стекает тонкой пленкой по внутренним стенкам реакционной зоны и одновременно смывает сажу. Поэтому в таких реакторах сажеочистной механизм не нужен.

Зона «закалки» предназначена для быстрого охлаждения газов пиролиза. Это достигается впрыскиванием мелкораспыленной охлаждающей воды в поток газов пиролиза. Зона «закалки» представляет собой систему форсунок, подающих воду от периферии газового потока к центру и расположенных несколькими ярусами.

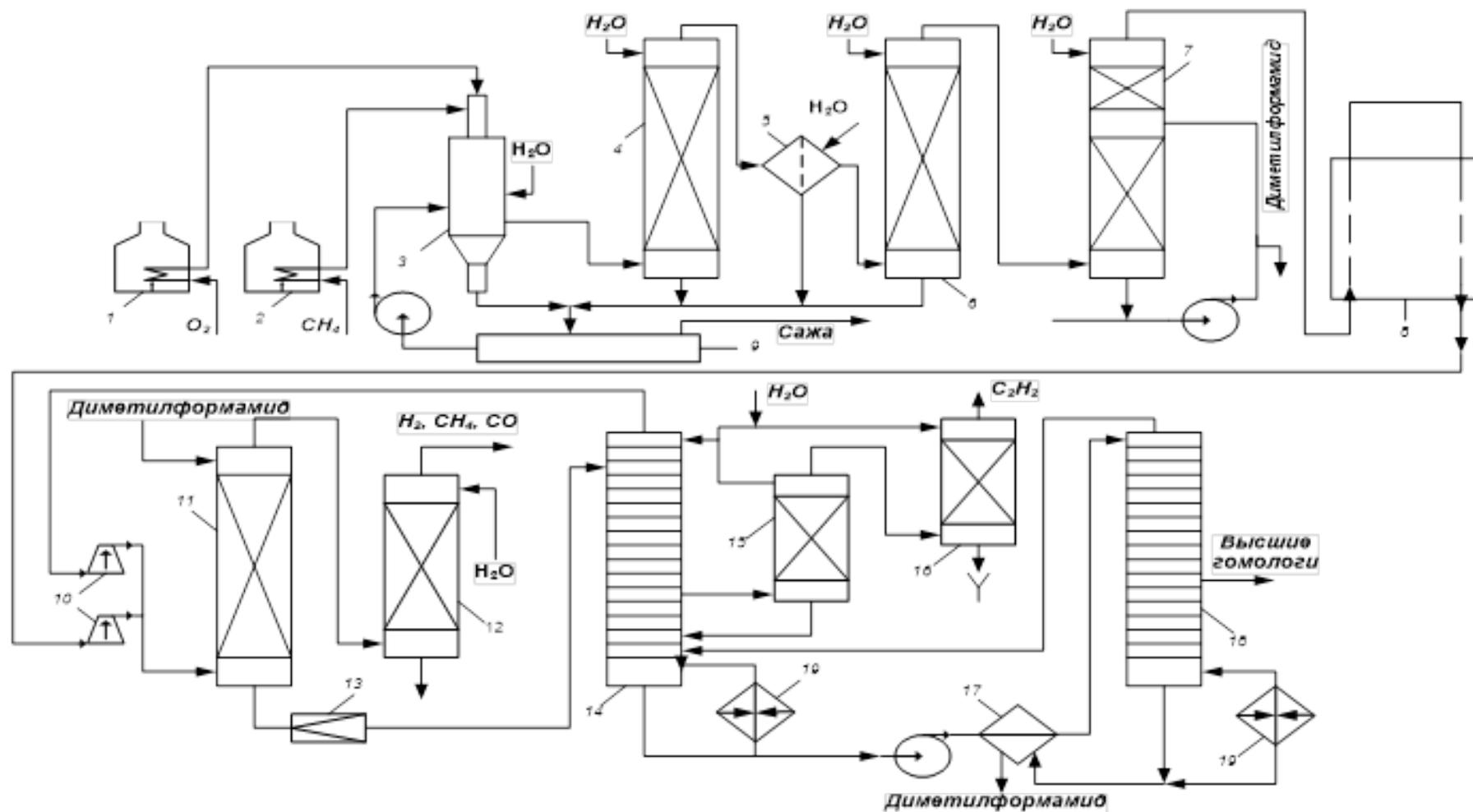


Рисунок 5. Технологическая схема окислительного пиролиза природного газа.

1,2 – трубчатые печи; 3 – реактор; 4 – скруббер для выдержки сажи; 5 – электрофильтр; 6 – холодильник; 7 – флорасорбер; 8 – газгольдер; 9 – тиндиргич; 10 – компрессоры; 11 – абсорбер; 12-15 – скрубберы; 13 – дроссельный вентиль; 14,18 – десорберы; 16 – защита от огня; 17 – теплообменник; 19 – кипятильник

## МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС

Состав основного сырья для окислительного пиролиза природного газа:

Таблица 12.

Состав природного газа, подаваемого на пиролиз	масс. %:
CH <sub>4</sub>	92,4–94,3
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3,5–4,2
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,9–2,0
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,6–0,7
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> и др.	0,6–0,97

Процентный состав полученный газовой смесью является так приведенном:

Таблица 13.

Состав газов пиролиза, выходящих из реактора	масс. %:
CH <sub>4</sub> 5,0–6,0	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 0,1
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 7,5–8,5	H <sub>2</sub> 51,6–54,8
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 0,3–0,5	O <sub>2</sub> 0,2–0,8
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> 0,01–0,07	CO 25,9–27,0
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 0,05	CO <sub>2</sub> 3,6–4,0
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> 0,1	N <sub>2</sub> + Ar 1,6–1,8

Данный объем входящего сырья:  $G = 100000$  т/г

$$G = \frac{100000 \cdot 1000}{340 \cdot 24} = 12254,9$$

Составное количество каждого компонента рассчитывается по формулу (за 1 час):

$$G_{\text{ном}} = (G_{\text{об}} \cdot n) / 100 \text{ здесь: } n - \text{мольное количество вещества (\%)}$$

Таблица 14.

Количественный состав веществ входящего газового смеса:

Состав природного газа, подаваемого на пиролиз	масс. %:
CH <sub>4</sub>	11370
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	475,9
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	169
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	120
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> и др.	120
O <sub>2</sub>	6000

Состав получаемого газа получается таким количеством (за 1 час):

Состав газов пиролиза, выходящих из реактора

Таблица 15.

Компонент	кг/час	Компонент	кг/час
CH <sub>4</sub> 5,3	967,5	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 0,1	18,3
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 7,8	1423,8	H <sub>2</sub> 53,48	9762,7
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 0,5	91,3	O <sub>2</sub> 0,8	146,1
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> 0,07	12,7	CO 26,3	4801,1
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 0,05	9,1	CO <sub>2</sub> 3,8	693,7
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> 0,1	18,3	N <sub>2</sub> + Ar 1,7	310,3

## ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС РЕАКТОРА

$$\Delta H = H_2 - H_1 = -59860 - (-101667) = 41807 \quad \text{кЖ/моль}$$

Расход теплота для пиролиза

$$Q_n = \Delta H \cdot G_r = 41807 \cdot 255,8 = 10,7 \cdot 10^6$$

или 
$$\frac{10,7 \cdot 10^6}{4190} = 2552 \text{ кВт}$$

Теплота для пар генератора  $T_H = 873^\circ\text{C}$

Температура сырья  $T = 1093^\circ\text{C}$

$$Q_2 = (G+Z) \cdot (Q_{1093} + 90,73) = (14468 + 2894) \cdot (2207,3 - 1567,9) = 11,1 \cdot 10^6 \text{ кЖ/с}$$

$$Q_p = 2552 + 3022 = 5574 \text{ кВт}$$

$$Q_n = 5574 + 3022 = 8596 \text{ кВт}$$

Потеря энергии из реактора  $q_1$ , принимаем значение 7 %.

Энергия потеря из радиационного камера  $Q_p$  ровно 2 %

Потеря энергии из пиролизного печа  $T = 625^\circ\text{C}$

Рассчитаем ПДК печа:

$$\eta_n = \left( \frac{q_1}{Q_p^H} + \frac{q_2}{Q_p^H} \right) = 1 - \left( 0,07 - \frac{11449,8}{55838,4} \right) = 0,725$$

расход горючего:

$$B = \frac{Q_n}{Q_{p-R}^H}$$

$$B = \frac{8596 \cdot 3600}{49,640 \cdot 892} = 681 \text{ кг/с} = 700 \text{ кг/с}$$

4. Из равенство теплового баланса рассчитывает существующего.

$$Q_p = B ( Q_p^H Z \cdot q_T^T )$$

Теплота выходящего с печного газа

$$q_T^T = Q_p^H n_t - \frac{Q_n}{B} = 49040 \cdot 0,65 - \frac{5574 \cdot 3600}{681} = 17122 \text{ кЖ/кг}$$

Температура графитя  $T = 975$

Площадь теплообмена реактора змеевика.

$$F_p = \frac{Q_p}{q_p}$$

5. Из приведенного рассчитываем.

$$34,7 - 37,2 \text{ кВт/м}^2$$

$$q_p = 37,2 \text{ кВт/м}^2$$

$$F_p = \frac{5574}{37,2} = 150 \text{ м}^2$$

диаметр трубы  $d_m = 0,14\text{М}$  и толщина стены  $0,008\text{М}$  рабочий площадь стены реактора:

$$L_p = \frac{F_p}{\pi d_m} = \frac{150}{3,14 \cdot 0,14} = 340\text{м}$$

6. Время сушки в реактора змеевике:

$$\tau_{ум} = \frac{l_p^{\mu}}{\omega_{отр}}$$

Плотность газов в реакционной системе.

$$a) \rho_o = \frac{M}{22,4} = \frac{48}{22,4} = 2.14 \text{ кг/м}^3$$

$$b) \rho_H = \rho_o \frac{T_o P_H}{T_H P_o} = 2.14 * \frac{273 \cdot 470 \cdot 10^3}{173 \cdot 91,8 \cdot 10^3} = 17.3 \text{ кг/м}^3$$

$$v) \text{ плотность } T = 109,3 \text{ к } P_u = 140 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\rho_k = \rho_o \frac{T_o P_H}{T P_o} = \frac{1,5 \cdot 273 \cdot 140 \cdot 10^3}{1033381 \cdot 10^3} = 0,055 \text{ кг/м}^3.$$

Средняя плотность газовой смеси:

$$P_{o,r} = \frac{3,25 \cdot 0,535}{2} = 8.7 \text{ кг/м}^3$$

Скорость выходящего пара.

В начале змеевика:

$$\omega_{bosh} = \frac{Y}{P_H} = \frac{200}{3,25} = 11.56 \text{ м/с}$$

В конце змеевика:

$$\omega_{от} = \frac{M}{P_{ox}} = \frac{200}{0,535} = 374 \text{ м/с}$$

Средняя скорость:

$$\omega_{отр} = \frac{\omega_{bosh} \cdot \omega_{от}}{2} = \frac{61,4 + 374}{2} = 218 \text{ м/с}$$

Рассчитываем из формул:

$$\tau_{ум} = \frac{K p^H}{\omega_{отр}} = \frac{170}{218} = 0,78 \text{ сек}$$

Потеря напора в змеевике.

$$\Delta P_p = K \frac{l_{\Sigma}}{d} \cdot \frac{kv}{2\rho a v}$$

критерия Рейнолдса

$$R_c = \frac{218 \cdot 0,124}{78,9 \cdot 10^{-6}} = 342610$$

Скорость Re = 342610 из графика

$$\frac{l}{d_c} = \frac{0,0001}{0,824} = 0,0008 \text{ м/с}$$

Средняя высота принимаем из таблиц: = 0,020

Из рассчитанное поставим в формулу напора и получаем напора:

$$\Delta P_p = 0,020 \frac{220}{0,124} \cdot \frac{200}{21,8} = 325 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

## ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЗМЕЕВИКА РЕАКТОРА

Таблица 16.

<b>Теплота входа</b>	<i><b>кВт</b></i>	<b>%</b>	<b>Теплота выхода</b>	<i><b>кВт</b></i>	<b>%</b>
С сыре	5574	39,33	Теплота продукта	17122	86.49
Теплота реакции	8596	60.67	Потеря теплота из конденсата	2552	12.89
			Потеря теплота окружающей среде	121.5	0.62
<b>Общая:</b>	<i><b>14170</b></i>	<i><b>100.0</b></i>	<b>Общая:</b>	<i><b>19795,5</b></i>	<i><b>100.0</b></i>

## МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕАКТОРА

### *Назначение, устройство и основные размеры.*

#### *Определение числа реакторов*

Проверочному механическому расчету подлежат наиболее ответственные узлы и детали, работающие в самых тяжелых условиях под максимальными нагрузками. Механические расчеты выполняют:

Но прочность обечайке, днищья и крышки аппаратов, работающих под внутренним или наружным давлением, трубных решеток и труб теплообменных аппаратов, валов и лопастей мешалок уплотнений аппаратов высокого давления.

Выбор конструкционного материала для изготовления химической аппаратуры в значительной мере определяется агрессивностью среды и условиями работы данного аппарата. Коррозионное воздействия среды приводит к списанию механической прочности, твердости, сухоустойчивости материала и к другим нежелательная явлениям.

Прочность любого материала зависит от условия эксплуатации такие от вида нагрузки (растяжение, и сжатие, кручение и т.д.) и температура

Расчет деталей подогревателя:

1) Труба  $\varnothing 273 \times 7$ ;

А) при рабочих условиях

материал ст.20

$t = 200^\circ\text{C}$ ;  $\delta = 1520\text{кг/см}^2$ ;  $P = 1,5$ :

$$S_1 = \frac{P \cdot DB_4}{2 \cdot Q} + C + C_0 = \frac{1.5 \cdot 29.9}{2 \cdot 1520 \cdot 0.75 \cdot 0.7 - 1.5} + 0.0162489 + 0.1 + 0.06 = 0.176630$$

б) при испытании:

материал ст. 20:

$t = 20^\circ\text{C}$ ;  $P = 6\text{кгс/см}^2$ ;  $L = 0,75$

$\delta = 1670\text{кг/см}^3$ ;  $Y = 0,7$ ;

$$S = \frac{P \cdot D_{cm}}{2 \cdot \delta \cdot L \cdot Y - P} + C + C_0 = \frac{6 \cdot 29.9}{2 \cdot 1670 \cdot 0.75 \cdot 0.7 - 1.5} + 0.1 + 0.06 = 0.2224$$

Принимаем трубу  $\varnothing 273 \times 7$ ;

## 2. Дoнышко:

а) при рабочих условиях

Материал ст.3

$$t = 200^{\circ}\text{C}; \quad \delta = 1340\text{кг/см}^2;$$

$$S = 0.93 \cdot (S_1 - C) \cdot \sqrt{\frac{0.19 \cdot P \cdot D^2 - 1}{K \cdot \delta^a \cdot S_1 - C}} + C + C_0 + C_1 = 0.3$$

б) при испытании материал Ст.3:

$$t = 20^{\circ}\text{C}; \quad \delta^a = 1490\text{кг/см}^2;$$

$$S = 0.93 \cdot (0.7 - 0.1) \cdot \sqrt{\frac{0.19 \cdot 6 \cdot 25.9^2}{0.5 \cdot 1490 \cdot 0.75} \cdot \frac{1 + 0.1 + 0.06}{0.7 - 0.1}} = 1.2$$

Принимаем  $S = 12$  мм;

Обечайка при рабочих условиях:

Материал X/8 Н9Т;  $t = 650^{\circ}\text{C}$ ;  $\delta^a = 1480\text{кг/см}^2$ ;

$$S = \frac{P \cdot D}{2\delta^a \cdot 2.4 - p} = \frac{0.5 \cdot 50}{2 \cdot 1480 \cdot 0.75 \cdot 0.7 - 1.5} = 0.5$$

при испытании на материале

X/8 Н9Т;  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ;  $\delta^a = 1470\text{кг/см}^2$ ;

$$S = \frac{650}{2 \cdot 1470 \cdot 0.75 \cdot 0.7 - 6} = 0.95$$

Принимаем  $S = 8$  мм;

5. Укрепление отверстия обечайке  $1,95 \times 369 = 720\text{мм}^2$  - площадь которую необходимо укрепить  $8 - 1,95 = 6,05\text{мм}$  толщина обечайке идущая на укрепление отверстие.

6. Труба  $\text{Ø } 377 \times 4$ :

а) при рабочих условиях:

$$S = \frac{0.5 \cdot 36.9}{2 \cdot 480 \cdot 0.75 \cdot 0.7 - 5} = 0.170$$

Материал X18Н9Т:  $t = 650^{\circ}\text{C}$ ;  $\delta = 1470\text{кг/см}^2$

$$S = \frac{6 \cdot 36.9}{2 \cdot 1470 \cdot 0.75 \cdot 0.7 - 5} + 0.06 + 0.96 = 0.4$$

Принимаем трубу  $\text{Ø } 377 \times 4$ :

1. Общий вес подогревателя с футеровкой опорой трубой - 19400кг

2. Вес футеровки – 10400кг;
3. Вес опоры  $\approx$  1600кг;
4. Вес трубы  $\approx$  1840кг;
5. Вес подогревателя без футеровки, опоры и трубы  $\approx$  5530кг;

В том числе:

Углеродистой стали  $\approx$  3000кг;

Стали X18H9T  $\approx$  400кг;

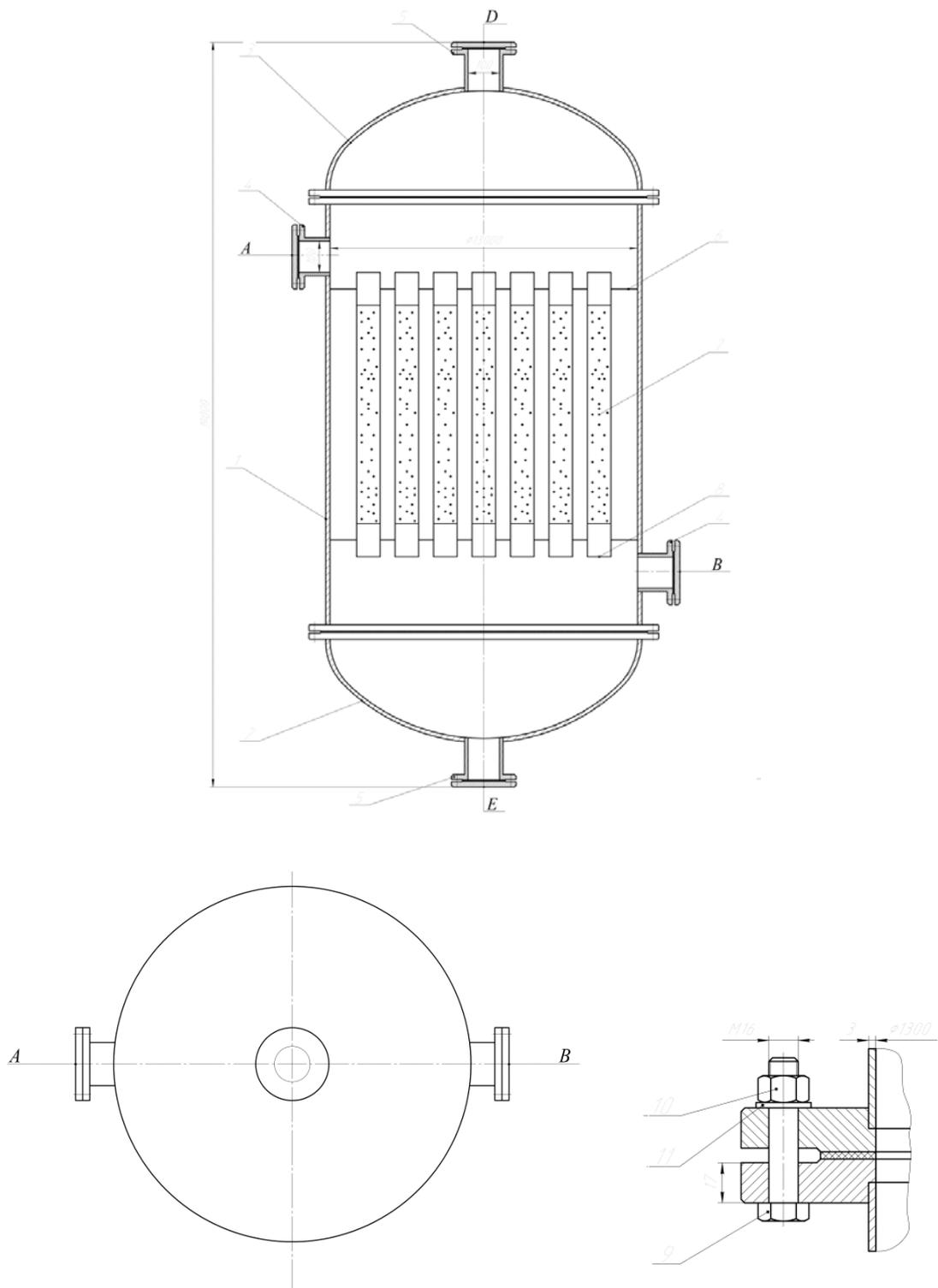
Стали X18H12M21  $\approx$  1850кг;

Стали X23H18  $\approx$  160кг;

Стали X25T  $\approx$  45кг;

асбест  $\approx$  5кг;

Рисунок 6. Реактор окислительного пиролиза природного газа



## ОХРАНА ТРУДА

В последние годы в Республике Узбекистан наблюдается улучшение условий труда на промышленных предприятиях. Однако, существуют производственные недостатки, под воздействием которых происходят несчастные случаи, отравления, заболевания людей. Практические работы по претворению в жизнь решения Правительства Узбекистана в области охраны труда определяются в значительной мере общим трудовым законодательством его - составной частью - законодательством об охране труда. Трудовое законодательство в Узбекистане основано на системе правовых мероприятий, осуществляемых в соответствии с Конституцией Республики.

Основные законодательные акты по охране труда:

1. Конституция Республики Узбекистан, принятая 8 декабря 1992 года;
2. Закон Республики Узбекистан «Об охране труда», принятый 6 мая 1993 года;
3. Трудовой Кодекс Республики Узбекистан, введенный в действие в 1 апреля 1996 года.

В промышленности действует «Положение о единой системе организации работ по охране труда». Это комплекс положений, методических указаний и рекомендаций, определяющих и регламентирующих единый порядок организации работы для создания и обеспечения безопасных и производительных условий труда.

Безопасность предприятия зависит от правильного выбора территории, расположения на ней зданий и сооружений. Следует также предусмотреть меры защиты его от вредных выделений, от переброски огня и действия взрыва с соседних территорий.

Предприятия, выделяющие производственные вредности (газ, пыль, копоть, неприятные запахи, шум), не допускаются располагать по отношению к ближайшему жилкому району с наветренной стороны для ветров преобладающего направления и надлежит отделять от жилых районов

санитарными защитными зонами (разрывами) для предприятий: I класс - 1000 м; II класс - 500 м; III класс - 300 м; IV класс - 100 м; V класс - 50 м. ОАО Наваизот относится к I классу по выделяющимся вредным веществам в окружающую среду и санитарная защитная зона является 1000 м.

Все здания, сооружения, склады располагаются по зонам в соответствии с производственными принципами, характером опасности и режимом работы.

Особое внимание уделяется обеспечению пожарной безопасности, защите населения от выбросов вредных веществ производства, размещению предприятия с учётом направления «Розы ветров» согласно СНиП 2.01.01-83.

Для всех производств химической промышленности предусматриваются: гардеробные, душевые, умывальники и, в зависимости от характера производств, сушилки, камеры обезвреживания, обеспыливания одежды (дозиметрические камеры).

Параметры микроклимата воздушной среды, которые обуславливают оптимальный обмен веществ в организме и при которых нет неприятных ощущений и напряженности системы терморегуляции организма, называют комфортными или оптимальными.

Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются дискомфортными. Методы снижения неблагоприятных воздействий в первую очередь производственного микроклимата осуществляются комплексом технологических, санитарно-технических, организационных и медико-профилактических мероприятий: вентиляция, теплоизоляция поверхностей источников теплового излучения (печей, трубопроводов с горячими газами и жидкостями), замена старого оборудования на более современное, применение коллективных средств защиты (экранирование рабочих мест либо источников, воздушные душирование и т.д.) и др.

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека. Метеорологические условия или микроклимат, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции.

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Для поддержания параметров микроклимата на уровне, необходимом для обеспечения комфортности и жизнедеятельности, применяют вентиляцию помещений, где человек осуществляет свою деятельность. Оптимальные параметры микроклимата обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры – обычными системами вентиляции и отопления.

Система вентиляции представляет собой комплекс устройств, обеспечивающих воздухообмен в помещении, т.е. удаление из помещения загрязненного, нагретого, влажного воздуха и подачу в помещение свежего, чистого воздуха. По зоне действия вентиляция бывает общеобменной, при которой воздухообмен охватывает все помещение, и местное, когда обмен воздуха осуществляется на ограниченном участке помещения. По способу перемещения воздуха различают системы естественной и механической вентиляции.

Наличие достаточного количества кислорода в воздухе – необходимое условие для обеспечения жизнедеятельности организма. Снижение содержания кислорода в воздухе может привести к кислородному голоданию – гипоксии, основные признаки которой – головная боль, головокружение, замедленная реакция, нарушение нормальной работы органов слуха и зрения, нарушение обмена веществ.

Необходимым условием обеспечения комфортности и жизнедеятельности человека является хорошее освещение.

Неудовлетворительное освещение является одной из причин повышенного утомления, особенно при напряженных зрительных работах. Продолжительная работа при недостаточном освещении приводит к снижению производительности и безопасности труда. Освещение рабочего стола – важный фактор создания нормальных условий труда.

Хорошее освещение оказывает положительное психологическое воздействие на рабочего, способствует повышению производительности труда. В зависимости от источника световой энергии, освещение делят на естественное, искусственное, совмещенное. Для искусственного освещения применяют люминесцентные лампы с высокой световой отдачей и продолжительным сроком службы. Применяются лампы ЛБ (белый свет) и ЛТБ (тепlobелый свет) мощностью 20, 40 и 80 Вт. Лампы должны быть размещены параллельно светопроемам и равномерно по потолку. В проектируемом цехе производятся малой и средней точности в зависимости от габаритов детали. Искусственное освещение зданий должно удовлетворять требованиям СНиП 2.01.05.98.

Шум и вибрация представляют собой колебания материальных частиц газа, жидкости, твердого тела. В химической промышленности некоторые производственные процессы сопровождаются значительным шумом, вибрацией и сотрясениями.

На ОАО Наваиазот для борьбы с шумом, сотрясениями принимаются предупредительные меры при проектировании, планировке, строительстве объектов: выбор бесшумных прессов оборудования; использование звукопоглощающих, звукоsumмирующих и виброsumмирующих материалов; размещение шумных цехов и отдельных агрегатов в отдельных помещениях и меры эксплуатационного характера.

Существует несколько способов борьбы с вибрацией: отстройка от режимов резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющихся систем; снижение вибрации в источнике – исключением резонансных режимов работы оборудования; виброгашение; виброизоляция –

дорогостоящий метод; вибродемпфирование; индивидуальные средства защиты (спец. рукавицы, обувь и др.).

Под действием электрического тока происходят нарушения основных физиологических функций организма—дыхания, работы сердца, обмена веществ, а также электролиз крови и другие изменения в нем. Действие электрического тока может быть местным и общим.

Для защиты людей от поражения электрическим током в условиях производства применяют безопасные токи, изоляцию проводов, механические ограждения, защитное заземление, зануление, блокировочные устройства, автоматически устраняющие опасность поражений, защитные средства.

Электротехническими средствами защиты человека от токопроводящих частей оборудования и земли являются: изолированные подставки, галоши, перчатки.

К мероприятиям техники безопасности относятся:

- а) наглядные пособия инструкции по ТБ на рабочих местах, проводимый вводный инструктаж на рабочем месте при поступлении на работу, повторный, текущий, ежегодное обучение по ТБ, аттестация. Все эти мероприятия дает возможность познакомить или напомнить правило ТБ при исполнении своих обязанностей;
- б) спецодежда, спецпитание, средства защиты /противогаз/ - обеспечивает безопасность работы и предотвращение заболеваний.

На предприятиях химической промышленности должны быть вспомогательные здания и помещения для отдыха, приёма пищи, хранения, стирки, ремонта и обезвреживания одежды, культурного и санитарного обслуживания и т.п. Состав и устройства бытовых помещений определяются нормами проектирования санитарно-бытовых помещений промышленных предприятий (СНиП 2.04.02- 87, СН-245-71.СНиП-2.01.02.04)

Для всех производств химической промышленности предусматриваются: гардеробные, душевые, умывальники и, в зависимости от характера производств, сушилки, камеры обезвреживания, обеспыливания одежды (дозиметрические камеры).

Важное значение в Узбекистане имеет государственный пожарный надзор, который осуществляется Главным управлением пожарной охраны (ГУПО) министерства внутренних дел Республики Узбекистан, управлениями, отделов внутренних дел исполкомов, областных, городских и районных советов народных депутатов. Предприятия переработки нефти являются пожаро- и взрыво-опасными объектами.

Согласно норм технологического проектирования (ОНТП 24-86) Определить категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности все производства (при помещения) в зависимости от используемых при получаемых веществ подразделяются по взрывной и пожарной опасности на пять (А,Б,В,Г,Д) категорий. Данное предприятие относится к категорию А.

Пожарная безопасность зданий, сооружений в большой мере определяется степенью его огнестойкости, которая зависит от возгораемости и огнестойкости конструкционных элементов здания. Согласно строительным нормам и правилам (ОНТП-24-86,СниП-2.01.02-04) строительные материалы и конструкции делятся на три группы возгораемости: несгораемые, трудносгораемые и сгораемые.

Степень огнестойкости зданий и сооружений характеризуется группой возгораемости и пределом огнестойкости строительных конструкции. Согласно СниП-2.09.04-87, СниП-2.01.02-04 ОНТП-24-86 принято пять степеней огнестойкости.

В промышленности при проектировании зданий предусматривают безопасную эвакуацию людей в случае возникновения пожара. Путём эвакуации называют проходы, коридоры, площади, лестницы, ведущие к эвакуационному выходу, обеспечивающие безопасное движение людей в

течение необходимого времени эвакуации. Количество эвакуационных выходов с каждого этажа и из помещений принимают не менее двух.

Основными современными огнетушащими веществами, применяемыми в практике пожаротушения являются: вода, песок, пены, поверхностно-активные вещества, порошки, углекислота, инертные газы и др. на основе этих веществ разработаны огнетушители типа: ОП, ОХП и др.

Особое внимание стоит уделять мероприятиям режимного характера: курению в неустановленных местах, производство сварочных работ.

Меры пожарной безопасности:

-наличие необходимого количества выходов

-наличие в цеху ящиков с песком

-пожарная сигнализация

Пожарная связь и сигнализация имеют большое значение для осуществления мер по предупреждению пожаров, способствуют своевременному их обнаружению и вызову пожарных подразделений к месту возникновения пожара, а также обеспечивают управление и оперативное руководство работами при пожаре. В предприятиях должны организована добровольная пожарная дружина.

Комплекс защитных устройств от молнии, обеспечивающих безопасность людей, сохранность зданий и сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загара и разрушений называются - молниезащитой. При проектировании молниезащиты (СН-305-87)СН-2.01.03.96., различают защиту от прямых ударов молнии, электрической и электромагнитной индукции и от заноса высоких потенциалов через надземные и подземные металлические конструкции.

Способ защиты от молнии выбирают в зависимости от назначения здания (сооружения), интенсивности грозовой деятельности в данном регионе, ожидаемого количества поражений молнией в год.

## ГРАЖДАНСКАЯ ЗАЩИТА

Узбекистан обладая автономными энергетическими и водными системами, является связывающим звеном между государствами региона. Огромные богатства, наземные и подземные, дают возможность в корне изменить и в дальнейшем расширить те отрасли, которые обеспечивают республики вход на мировой рынок.

По ландшафту 40% территория Узбекистана расположена в предгорных и горных районах на которой проживает более 18 мл. человек, Республика имеет большую разветвленную ирригационную сеть и водохранилища с большими объемами воды. В промышленном отношении Узбекистан занимает одно из первых мест в центрально-азиатском регионе. Территория Республики связывает большое количество транспортных, как внутренних, так и внешних коммуникаций; трубопроводных, энергетических, воздушных, железнодорожных, автомобильных.

На территории Узбекистана имеются регионы опасные в экологическом, а значит и в эпидемиологическом отношении, такие как приаралье.

Обобщая все вышеперечисленное, можно сделать вывод, что причинами возможных ЧС в Узбекистане могут быть:

1. Техногенного характера
2. Природного характера
3. Экологического характера.

При проявлении террористической деятельности преступных организаций на территории предприятия, могут выйти из строя механизмы основных сооружений, нарушится технологический режим деятельности объекта, в последствии чего может усложниться экологическая и эпидемиологическая обстановка в городе Ташкенте.

По сейсмическому районированию территория предприятия относится к зоне с сейсмичностью 9 баллов.

В результате землетрясения силой 9 баллов при полном разрушении, прогнозируемый объем разрушений составит 20 % от первоначального объема зданий и сооружений.

Очаги пожара могут возникнуть вследствие землетрясения, неосторожного обращения рабочими и служащими с легковоспламеняющимися веществами материалами, а также вследствие замыкания линий электропередачи, электронагревательных приборов, нарушения правил пожарной безопасности и вследствие грозových разрядов.

При возникновении пожаров, рабочие и служащие могут получить ожоги разной степени. Кроме того, распространение дыма может травмировать дыхательные пути и нарушить нормальную производственную деятельность.

Основными факторами, способствующими повышению риска распространения инфекционных заболеваний является разрушение коммуникационных сетей, водоснабжения и канализации, в результате стихийных бедствий, производственных аварий, и т.п., а также вывода из строя предприятия.

При возникновении производственной аварии с выбросом максимального количества СДЯВ ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) в атмосферу на предприятии при благоприятных метеоусловиях (инверсия, скорость ветра 1 м/сек) произойдет заражение территории предприятия и ближайшая территория вокруг предприятия, распространение облака зараженного воздуха с поражающей концентрацией ( $\Gamma$ ) 1,7 км, шириной зоны химического заражения ( $\Pi$ ) 0,05 км, площадь зоны возможного заражения составит ( $S$ )  $0,05 \text{ км}^2$ , в зону заражения попадут производственный персонал и жилые массивы.

Ураганов и бурь разрушительной силы на территории предприятия могут сопровождаться разрушениями ветхих строений (помещения скважин), сносом крыш с производственных зданий и навеса гаража, разрушениями линий электропередачи и связи, что может привести к остановке деятельности сооружения.

В целях предупреждения или снижения последствий крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий на объекте организуется:

- совершенствование системы оповещения и связи в ЧС;
- подготовка к эвакуации работников, членов их семей и материальных ценностей;
- поддержание в постоянной готовности формирований ГЗ объекта;
- создание резервов материальных средств, необходимых для предупреждения и ликвидации последствий крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий;
- подготовка работников объекта к действиям в различных ситуациях и при стихийных бедствиях;
- выполнение мероприятий по обеспечению устойчивого функционирования существующих систем очистки и обеззараживания сточных вод при разрушении отдельных элементов технологического оборудования;
- создание запасов гипохлорита-натрия, обеспечивающих 10-ти дневную работу.

С получением сигнала оповещения (соответствующей информации, предупреждения) об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации Начальник ГЗ вводит режим повышенной готовности.

Исходя из сложившейся обстановки организуется проведение соответствующих мероприятий согласно «Календарному плану».

**а) при угрозе совершения террористических актов:**

- доведение полученной информации до начальников объектов попавших в зону ЧС;
- организация взаимодействия с компетентными органами Управления действиями организуется исходя из конкретных условий;
- перевод командно-руководящего состава на круглосуточное дежурство
- перевод дежурно-диспетчерской службы в режим повышенной готовности;

- выполнение мероприятий по обеспечению безопасности персонала и сохранение общественного порядка;
- приведение в готовность сил и средств ГЗ;
- усиление контроля режима работы сооружения.

О всех установленных отклонениях от принятого технологического режима, а также нарушениях установленного порядка охраны объекта немедленно сообщать в штаб ГЗ ГАК «Узбекнефтегаз»:

- приведение в готовность средств индивидуальной защиты и аварийного запаса материалов.

#### **б) при угрозе возникновения землетрясения**

- оповещение руководящего состава об угрозе возникновения землетрясения;
- перевод дежурно-диспетчерской службы в режим повышенной готовности;
- сбор командно-руководящего состава с целью уточнения мероприятий, обеспечивающих наибольшую безопасность персонала, снижение ущерба и предотвращения возникновения вторичных факторов ЧС;
- приведение в готовность средств индивидуальной защиты, средств пожаротушения, табельного имущества формирований ГЗ;
- проведение профилактических мероприятий по снижению возможного ущерба и возникновения вторичных факторов (противопожарные мероприятия, возможное обесточивание ненадёжных участков электросети и т.п.);
- уточнение списочного состава персонала, занятого в производстве (посменно);
- приведение в готовность сил и средств ГЗ, уточнение планов их действий
- организация обеспечения общественного порядка;
- усиление наблюдения и контроля за режимами производственного процесса и состоянием окружающей природной среды;

#### **в) при угрозе катастрофического затопления:**

- доведение полученной информации до руководящего состава;

- подготовка персонала к проведению эвакуации (уточнение состава и численности, определение потребности автотранспорта);
- подготовка материальных ценностей и документации к быстрому вывозу из зоны затопления;
- подготовка мест для принятия эвакуируемых и материально-технических средств для первоочередного жизнеобеспечения эвакуируемых;
- организация обеспечения общественного порядка.

**г) при угрозе возникновения производственных аварий с выбросом СДЯВ в атмосферу:**

- оповещение и сбор руководящего состава;
- перевод дежурно-диспетчерской службы в режим повышенной готовности;
- уточнение мероприятий, обеспечивающих наибольшую безопасность персонала и населения, попадающих в зону возможного заражения;
- приведение в готовность средств индивидуальной защиты, средств ГЗ для ликвидации последствий ЧС;
- приведение в готовность формирований ГЗ;
- усиление контроля за состоянием окружающей природной среды.

**д) при угрозе возникновения неблагоприятной эпидемиологической обстановки:**

- оповещение и сбор руководящего состава;
- перевод дежурно-диспетчерской службы в режим повышенной готовности;
- перевод лаборатории химико-бактериологического анализа в режим повышенной готовности;
- организация взаимодействия с органами санэпиднадзора и состояния окружающей природной среды;
- усиление контроля состояния окружающей природной среды.

**е) при угрозе возникновения пожара:**

- оповещение и сбор руководящего состава;
- перевод дежурно-диспетчерской службы в режим повышенной готовности;

- проведение профилактических мероприятий по обеспечению наибольшей безопасности ;
- производственного персонала и снижению возможного ущерба (противопожарные мероприятия: возможное обесточивание ненадёжных участков электросети, эвакуация горючих материалов и ГСМ и т.п.);
- приведение в готовность средств индивидуальной защиты, средств пожаротушения, табельного имущества формирований ГЗ;
- уточнение списочного состава персонала, занятого в производстве (посменно);
- приведение в готовность сил и средств ГЗ, уточнение планов их действий
- усиление наблюдения и контроля над режимами производственного процесса и состоянием окружающей природной среды.

Привлекаются:

- обеспечение пищей, подменной одеждой и обувью – совместно со службой материально-технического снабжения ГАК «Узбекнефтегаз»;
- средства индивидуальной защиты – Начальник ГЗ объекта;
- автотранспорт, ГСМ и техникой - совместно со службой материально-технического обеспечения ГАК «Узбекнефтегаз».

По решению Начальника ГЗ города (района) для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ привлекаются специализированные формирования городских (районных) служб.

- Управление по чрезвычайным ситуациям города Ташкента,
- Медицинская служба,
- Управление внутренних дел (ГУВД),
- Служба обеззараживания территорий,
- ЦГСЭН,
- Служба пожарной охраны.

Общее руководство по проведению спасательных и других неотложных работ осуществляет Начальник ГЗ ГАК «Узбекнефтегаз».

Управление мероприятиями при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

осуществляется начальником ГЗ предприятия по постоянно действующим каналам связи.

Оповещение руководящего состава и работников осуществляется дежурно-диспетчерской службой согласно схеме оповещения.

## ЭКОЛОГИЯ

Интенсивное развитие хозяйственной деятельности людей (потребности - производство - потребление), деградация природных экосистем, аварии и катастрофы на промышленных и оборонных объектах явились разрушительным воздействием на окружающую среду и привели природу к состоянию кризиса, грозящего экологической катастрофой (с вытекающими последствиями для здоровья населения).

Поэтому перед человечеством встала задача рационального природопользования в сочетании с эффективным снижением отрицательного воздействия промышленного производства на окружающую природную среду (биосферу).

Наряду с проблемами теоретической экологии большую актуальность приобрели проблемы ее прикладных ответвлений, связанных с решением задач по идентификации и оценке опасностей антропогенных воздействий, защите окружающей среды и обеспечению высокого уровня жизни людей.

К числу такого рода проблем относится вопрос экологической безопасности, формирования, прогнозирования антропогенных загрязнений и химического мониторинга. Понятия экологическая обстановка, экологическая опасность (безопасность) и ресурсосбережение в настоящее время широко применяются при рассмотрении многих экологических проблем, особенно прикладного характера. Большое распространение находят такие понятия, как химическая обстановка, химическая опасность (безопасность), радиационная обстановка, допустимые уровни шума, электромагнитных излучений и другие, относящиеся к частным областям взаимодействия природы с живыми организмами.

Например, экологическая безопасность трактуется как любая деятельность человека, исключая вредное воздействие на окружающую среду. Под экологической безопасностью понимают также положение, при котором путем правового нормирования, выполнения экологических, природозащитных и инженерно-технических требований достигается

предотвращение или ограничение опасных для жизни и здоровья людей, разрушительных для народного хозяйства и окружающей среды последствий экологических катастроф.

Малоотходные (безотходные) технологии и замкнутые циклы - одна из самых радикальных мер защиты окружающей среды от загрязнений. Ниже сформулированы четыре основных направления их развития (в соответствии с Декларацией о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов - Женева, 1979 г.):

1. Создание бессточных технологических систем различного назначения на базе существующих и перспективных методов очистки и повторно-последовательного использования нормативно очищенных стоков.

2. Разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов, которые рассматриваются при этом как вторичные материальные ресурсы (ВМР).

3. Разработка технологических процессов получения традиционных видов продукции принципиально новыми методами, при которых достигается максимально возможный перенос вещества и энергии на готовую продукцию.

4. Разработка и создание территориально-промышленных комплексов (ТПК) с возможно более полной замкнутой структурой материальных потоков и отходов производства внутри них.

Современные объемы производства и его интенсификация, несмотря на усовершенствование технологии и техники очистки выбросов (отходов), увеличение общей массы вредных веществ (ВВ), вносимых в атмосферу. Возросла энерговооруженность производства и соответственно количество сжигаемого топлива и образующихся дымовых газов: считается, что выработка электроэнергии и объем промышленного производства удваиваются каждые 7-10 лет. В атмосферу выбрасывается ежегодно 200 млн т оксида углерода, 150 млн т диоксида серы, 50 млн т оксидов азота (в основном  $\text{NO}_2$ ), более 50 млн т различных углеводородов и 20 млрд т  $\text{CO}_2$ . За

последние десятилетия потребление минеральных и органических сырьевых ресурсов резко возросло: в 1913 г. на одного жителя Земли ежегодно расходовалось 5 т минерального сырья, в 1940 г. - 7,4, в 1960 г. - 14,3, а в 2000 г. потребление может достичь 40-50 т. Соответственно возрастают и объемы отходов промышленного и коммунально-бытового происхождения.

Источники загрязнения атмосферы выбросами могут быть классифицированы:

1. По назначению: а) технологические, содержащие хвостовые газы после установок улавливания (рекуперации, абсорбции и т.д.); б) вентиляционные выбросы - местные отсосы, вытяжки.

2. По месту расположения: а) незатененные или высокие (высокие трубы, точечные источники, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую высоту здания в 2,5 и более раз); б) затененные или низкие, то есть расположенные на высоте, в 2,5 раза меньшей высоты здания; в) наземные - находящиеся у земной поверхности (открытое технологическое оборудование, проливы, колодцы производственной канализации и т.д.).

3. По геометрической форме: а) точечные (трубы, шахты, вентиляторы); б) линейные (аэрационные фонари, открытые окна, факелы).

4. По режиму работы: непрерывного и периодического действия, залповые и мгновенные.

Сточные воды, содержащие растворенные и взвешенные вещества, отводящиеся (отходящие) в гидросферу или литосферу, рассматриваются как сбросы. Сбросы разделяются на неорганизованные, если они стекают в водный объект непосредственно с территории промышленного предприятия, не оборудованного специальной, например, ливневой канализацией или иными устройствами для сбора, а также на организованные, если они отводятся через специально сооруженные источники - водовыпуски.

Выпуски классифицируются по следующим признакам: по типу водоема или водотока; по месту расположения выпуска; по конструкции

распределительной части; по конструкции оголовка или сбросного устройства.

Предприятия химической промышленности (Г р у п п а) отличаются разнообразием токсичных газовых выбросов и жидких стоков. Главные из них - органические растворители, амины, альдегиды, хлор и его производные, оксиды азота, циановодород, фториды, сернистые соединения (диоксид серы, сероводород, сероуглерод), металлоорганические соединения, соединения фосфора, мышьяка, ртуть.

Таблица 17.

**Характерные выбросы в атмосферу  
основных производств химической промышленности**

Производство	Вредные выбросы в атмосферу
<b>Кислот:</b>	
– азотной	NO, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>
– серной	NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (пыль)
– соляной	HCl, Cl <sub>2</sub>
– щавелевой	NO, NO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (пыль)
– сульфаминовой	NH <sub>3</sub> , NH(SO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
– фосфорной (фосфора)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , HF, фосфогипс (пыль)
– уксусной	CH <sub>3</sub> CHO, CH <sub>3</sub> COOH
<b>Удобрений:</b>	
– сложных	NO, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , HF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , HNO <sub>3</sub> , пыль
– карбамида	NH <sub>3</sub> , CO, (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (пыль)
– аммиачной селитры	CO, NH <sub>3</sub> , HNO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (пыль)
– аммиачной воды	NH <sub>3</sub>
– суперфосфата	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HF, пыль
– хлорида кальция	HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CaCl <sub>2</sub> (пыль)
– хлористой извести	Cl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> (пыль)
Тетрахлорэтилена	HCl, Cl <sub>2</sub>
Ацетона	CH <sub>3</sub> CHO, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
Аммиака	NH <sub>3</sub> , CO
Метанола	CH <sub>3</sub> OH, CO
Капролактама	NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CO
Диоксида титана	TiO <sub>2</sub> , FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , сажа
Катализаторов	NO, NO <sub>2</sub> , пыль
Искусственных волокон	H <sub>2</sub> S, CS <sub>2</sub>
Стекланных волокон	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), SiF <sub>4</sub> , пыль

Утилизация и обезвреживание сточных вод составляет одну из самых важных экологических проблем настоящего времени и в этом направлении наработано множество разнообразных технологических приемов, в основе которых лежат физико-химические или биохимические процессы деградации вредных компонентов сточных вод.

В индустриально развитых странах имеются необходимые условия для эффективной работы очистных сооружений. Рост городов приводит к новым проблемам: необходимости прокладки новых коллекторов, повышению энергозатрат на подачу сточных вод на очистные сооружения. Одним из современных методов решения задач очистки сточных вод от больших населенных пунктов, по нашему мнению, является частичная или полная децентрализация систем водоотведения. Однако в ряде случаев реализация этого метода затруднена, из-за сложности отчуждения значительных площадей под строительство громоздких очистных сооружений и невозможности выдерживать требуемые размеры санитарно-защитных зон. Очистные сооружения будущего должны иметь минимальные размеры, быть экологически безопасными при их размещении в городской черте, а качество очищенных сточных вод должно позволять использовать их на технические нужды города.

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ от промышленных предприятий (определяется по наибольшей рассчитанной, величине приземной концентрации вредных веществ,  $\text{мг/м}^3$ ).

$C_{\text{макс}}$  устанавливается на некотором расстоянии от места выброса, соответствующей наиболее неблагоприятным метеорологическим условиям.

Величина  $C_{\text{макс}}$  каждого вредного вещества не должна превышать величины предельно-допустимой концентрации (ПДК,  $\text{мг/м}^3$ ) данного вредного вещества, т.е. должно соблюдаться  $C_{\text{макс}} \leq \text{ПДК}$

При одновременном совместном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих суммацией действия, их безразмерная

суммарная концентрация не должна превышать единицы при расчете по формуле:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в одной и той же точке местности, мг/м<sup>3</sup>

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$  - соответствующие предельно-допустимые концентрации вредных веществ, мг/м<sup>3</sup>

1. Коэффициент  $m$  определяется по следующей формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{2.6} + 0,34\sqrt[3]{2.6}} = 0.77$$

2. Параметр  $f$  определяется по следующей формуле:

$$f = 10^3 \frac{w^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 10^3 \frac{4^2 \cdot 2.5}{16^2 \cdot 60} = 2.6$$

Если выбросы сопровождаются выделением водяного пара и имеет место его конденсация, а также коагуляция влажных пылевых частиц, то  $F$  принимают равным 3.

Выбросы, для которых значение  $f = 100$  относятся к холодным, а если  $f < 100$ , то выбросы относятся к нагретым

$D$  - диаметр источника выброса, м.

$V_1$  - объем газовой смеси, м<sup>3</sup>/с, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W = \frac{3.14 \cdot 2.5^2}{4} \cdot 4 = 19.63 \text{ м}^3/\text{с}$$

Значение безразмерного коэффициента  $n$  определяется в зависимости от параметра  $V_m$  по формулам:

$$\text{При } V_m \leq 0,3 \quad n = 3 \quad (7)$$

$$\text{При } 0,3 < V_m \leq 2 \quad n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3)(4,36 - V_m)}$$

$$\text{При } V_m > 2 \quad n = 1$$

$V_m$  для нагретых выбросов определяется по формуле:

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{19,63 \cdot 60}{16}} = 2,724$$

Предельно-допустимый выброс (ПДВ, г/с) вредного вещества в атмосфере из одиночного источника (трубы), при котором обеспечивается не превышающая ПДК концентрация его в приземном слое воздуха определяется по формуле:

$$ПДВ_{co} = \frac{(ПДК_{co} - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = \frac{(0,5 - 0,26) \cdot 16^2 \cdot \sqrt[3]{19,63 \cdot 60}}{200 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 1} = 4,8 \text{ г/с}$$

где  $C_{\phi}$  - фоновая концентрация вредного вещества в данной точке, мг/м<sup>3</sup> остальные обозначения те же, что в вышеприведенных формулах

$A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе.

$M$  – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с  
 Величина  $M$  может определяться расчетом в технологической части проекта или приниматься в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами .

$F$  - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе.  $F$  для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей принимается равным 1; для пыли и золы, если средний эксплуатационный коэффициент очистки равен – 90% и более, то  $F=2$ , при 75–90% -  $F=2,5$ , менее 75%  $F=3$ .

Таблица 18.

**ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВОМ (ЦЕХОМ,  
ОТДЕЛЕНИЕМ)**

Источники водопотребле ния	Норма водопотребления м <sup>3</sup> /час		Объем оборотной воды м <sup>3</sup> /час	Экономия чистой воды
	проектная	фактическая		
1	2	3	4	5
Артезианская скважина	18.4	20.0	14.0	76

Таблица 19.

**ГАЗОПЫЛЕВЫЕ ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ И ИХ ОЧИСТКА**

Источники выбросов газов	Состав газопылевых выбросов	Количество выделяющихся выбросов, м <sup>3</sup> /час		Количество газопылевых выбросов, м <sup>3</sup> /час		ПДВ	Применяемые методы очистки, очистные установки	Рекуперация газопылевых выбросов
		газообразных	пылевых	Выбрасываемые в атмосферу без очистки	Очищаемые			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Окислительный пиролиз природного газа	Окись углерода	3,8	-	-	2,4	4,8	Абсорбция	перерабатывается

Таблица 20.

**СТОЧНЫЕ ВОДЫ И ИХ ОЧИСТКА**

Виды сточных вод	Объем сточной воды, м <sup>3</sup> /час		Состав загрязнения г/л	Методы очистки	Очистные аппараты и сооружения	Пути использования очищенной воды
	очищаемой	сбрасываемой				
1	2	3	4	5	6	7
Бытовые сточные воды	2,5	2,5	Взвешенная в-ва 60-80 мг/л, БПК <sub>5</sub> 30-40 мг/л, ХПК 120-140 мг/л	Механические, биологические	Радиальные отстойники, аэротенки	Используются в качестве поливных вод
Производственные сточные воды	12.5	-	Взвешенная в-ва 30-40 мг/л, органические вещества 25- 30 мг/л	адсорбция	адсорбер	Используются в качестве технических вод

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Ректификационные установки служат для разделения жидких смесей на составляющие вещества (или группы веществ) в результате противоточного взаимодействия смеси паров и жидкой смеси. Поскольку затраты на ректификацию являются одной из самых существенных составляющих в себестоимости продукции, задача автоматизации ректификационных установок часто ставится как задача оптимального управления, которой подчиняется автоматическое регулирование отдельных параметров. В зависимости от назначения ректификационных установок используют различные критерии оптимальности.

**Типовая система автоматизации ректификационной установки** включает шесть одноконтурных САР, каждая из которых выполняет одну из задач регулирования. В целом эта система обеспечивает стабилизацию состава дистиллята и поддержание материального и теплового баланса в установке.

Состав контуров регулирования следующий:

1) Основным регулятором, стабилизирующим состав дистиллята (при разделении бинарной смеси при постоянном давлении), является регулятор температуры верха колонны, воздействующий на отбор дистиллята из установки;

2) Регулятор температуры верха колоны стабилизирует температуру питания (исходная смесь) за счет изменения расхода теплоносителя через теплообменный аппарат;

3) Регулятор уровня жидкости в нижней части колонны за счет изменения расхода кубового продукта обеспечивают поддержание баланса в системе по жидкой фазе;

4) Аналогичное действие оказывает регулятор уровня жидкости во флегмовой емкости (за счет изменения расхода флегмы);

5) Поддержание баланса по паровой фазе осуществляет регулятор давления в верхней части колонны путем воздействия на расход хладагента в дефлегматоре;

6) Регулятор расхода греющего пара стабилизирует подачу греющего пара в испаритель и стабилизирует работу нижней части колонны.

Если задачей регулирования является **стабилизация состава кубового продукта**, то расход греющего пара задается регулятором температуры низа колонны, а расход дистиллята стабилизируется регулятором расхода (без учета температуры верха колонны). Одновременное регулирование составов (или температур) верха и низа колонны обычно не применяют, так как эти координаты связаны между собой, и их одновременное регулирование может привести к снижению устойчивости системы.

Объектом управления в моем выпускной квалификационной работы является ректификационная колонна.

Определяем регулируемые и регулирующие технологические параметры а также, контролируемые параметры для нашего объекта регулирования.

### **Выбор регулируемых величин, управляющих воздействий и измерительных преобразователей.**

Выбор получаемой в промышленности продукции зависит от ряда величин, определяющих нормальное протекание процесса. Поэтому при построении автоматических систем регулирования необходимо прежде всего определить величины, подлежащие контролю и регулированию.

Контролируемые величины выбираем так, чтобы их число было минимальным, но чтобы при этом обеспечилось наиболее полное представление о ходе протекания технологического процесса.

Управляющие воздействия вносим с помощью исполнительных устройств, которые изменяют материальные или тепловые потоки.

При выборе измерительных преобразователей и измерительных устройств, в первую очередь принимаем во внимание такие факторы, как пожаро- и взрывоопасность, агрессивность и токсичность среды и другие физико-химические свойства веществ. По условиям работы применяем измерительные устройства пневматического, гидравлического или электрического типа.

Измерительные преобразователи выбираем исходя из пределов изменения регулируемой или контролируемой величины объекта. При этом номинальное значение измеряемой величины или заданное значение регулируемой величины должно быть в пределах от 50 до 70% их максимального изменения.

По классу точности и чувствительности, применяемые измерительные преобразователи и измерительные устройства должны соответствовать технологическим требованиям. Учитываем также инерционность преобразователей и измерительных устройств.

Для местного контроля используем наиболее простые и надежные приборы, так как они находятся в неблагоприятных условиях (значительные колебания температуры и влажности, повышенная запыленность, вибрация и т.п.).

При дистанционном измерении технологических параметров учитываем необходимость показаний, регистрации или интегрирования их текущих значений.

### **Выбор типа автоматического регулятора и определение параметров его настройки.**

Тип автоматического регулятора (закон регулирования) выбираем с учетом свойств объекта регулирования и заданных параметров качества переходного процесса. К качеству регулирования каждого конкретного технологического процесса предъявляются конкретные требования; в одних случаях оптимальным или заданным может служить процесс,

обеспечивающий минимальное значение динамической ошибки регулирования, в других – минимальное значение времени регулирования и т.д. Поэтому в соответствии с требованиями технологии в качестве заданного выбираем один из типовых переходных процессов: граничный апериодический, с 20%-ным отклонением или с минимальной квадратичной площадью отклонения.

Переходный процесс в автоматической системе регулирования зависит от свойств объекта, от характера и величины возмущающих воздействий и от типа автоматического регулятора, а также параметров настройки регулятора.

Уравнения динамики устойчивых объектов 1-го порядка имеет вид:

$$T_0 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k_0 x(t - \tau)$$

Где:  $Y$  – регулируемая величина;  $X$  – регулирующее воздействие

$T_0$  – постоянная времени объекта;  $K_0$  – его коэффициент передачи;  $T_e$  – время разгона объекта;  $t$  – время;  $\tau$  – время запаздывания.

Для выявления динамических свойств объекта найдем численные значения  $T_0$ ,  $K_0$ ,  $t$ ,  $T_e$ ,  $\tau$  по полученным экспериментально переходным характеристикам (Л.М. Лапшенков, Г.И. Полоцкий. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации).

**Выбор типа регулятора (закон регулирования).** При выборе закона регулирования учитываются свойства объекта, максимальная величина возмущения, принятый для данного технологического процесса вид типового переходного процесса, допустимые значения показателей качества процесса регулирования (динамическая ошибка  $U_{I \text{ доп}}$ , статическая ошибка  $U_{ст. \text{ доп}}$ , время регулирования  $t_{p \text{ доп}}$  .

Протекание в конкретном объекте заданного переходного процесса, имеющего требуемые значения заданных параметров качества может быть обеспечено регуляторами разных типов. Целесообразно использовать регуляторы наиболее простых типов.

**Определение параметров настройки регулятора.** Оптимальные значения настроечных параметров регуляторов можно найти несколькими методами: организованным поиском, расчетным путем, а также по формулам или графическим зависимостям, полученным при моделировании автоматической системы регулирования на компьютере.

В моей выпускной квалификационной работе я выбрал метод графических зависимостей. Графические зависимости оптимальных настроек интегральных (И), пропорциональных (П), пропорционально-интегральных (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД) регуляторов, установленных на устойчивых объектах приведены на рис. По

осям абсцисс отложено отношение  $t/T$ , а по осям ординат – значения настроечных параметров регуляторов.

Выбираем тип и определим оптимальные настроечные параметры регулятора, установленного на нашем объекте (устойчивый объект первого порядка) с запаздыванием при следующих условиях:

Параметры объекта:

Коэффициент передачи  $k_0 = 1.1$ ; постоянная времени  $T_0 = 180$  с; время запаздывания  $t = 48$  с; отношение  $t/T = 0,22$ .

Система регулирования должна обеспечить переходный процесс с 20%-ным перерегулированием.

Параметры качества переходного процесса не должны превышать следующих допустимых значений:

Динамическая ошибка регулирования  $Y_{I\text{ доп}} = 0,06$

Статическая ошибка регулирования  $Y_{ст. доп} = 0,02$

Время регулирования  $t_{p\text{ доп}} = 500$  сек

Регулирующее воздействие, соответствующее максимальному изменению возмущения  $x_в = 0.9$ .

Найдем максимальное отклонение регулируемой величины

$$Y_0 = k_0 x_в = 1,1 * 0,9 = 0,99$$

По графикам определяем динамический коэффициент передачи регулятора  $R_d = y_1 / y_0$  систем регулирования различных типов:

***И-регулятор .....0,58***

***П-регулятор .....0,36***

***ПИ-регулятор.....0,28***

***ПИД-регулятор.....0,22***

По формуле  $y_1 = R_d k_0 x_в$  определим величины  $y_1$  для этих систем:

***И-регулятор .....0,0811***

***П-регулятор .....0,0569***

***ПИ-регулятор.....0,0431***

***ПИД-регулятор.....0,042***

В системе с И-регулятором  $y_1$  больше  $y_{1\text{ доп}}$  и поэтому И-регулятор не может быть применен.

Проверим систему с П-регулятором на величину  $Y_{ст}$ . Для этого по графику динамических коэффициентов регулирования  $R_d$ , статической ошибки регулирования и времени регулирования устойчивых объектов

найдем величину  $U_{cm}^*$  для процесса с 20%-ным перерегулированием и вычисляем  $U_{cm}$ :

$$U_{cm} = U_{cm}^* \cdot U_0 = 0,24 \cdot 0,108 = 0,03072$$

В системе с П-регулятором  $U_{cm}$  *больше*  $U_{cm. доп}$  и заданное качество регулирования не будет обеспечен.

Проверим системы с ПИ- и ПИД-регуляторами на время регулирования  $t_p$ , определяемое по графикам. Для системы с ПИ-регулятором имеем  $t_p = 12 \cdot 48 = 576$  с, в случае Пид – регулятора  $t_p = 8 \cdot 48 = 384$  с. Отсюда видно, что для системы с ПИД-регулятором  $t_p$  меньше  $t_{p, доп.}$ . Следовательно, **для обеспечения заданных параметров качества регулирования нашего объекта необходимо выбрать ПИД-регулятор.**

Оптимальные значения параметров настройки ПИД-регулятора определим по настроечным кривым ПИД-регуляторов:

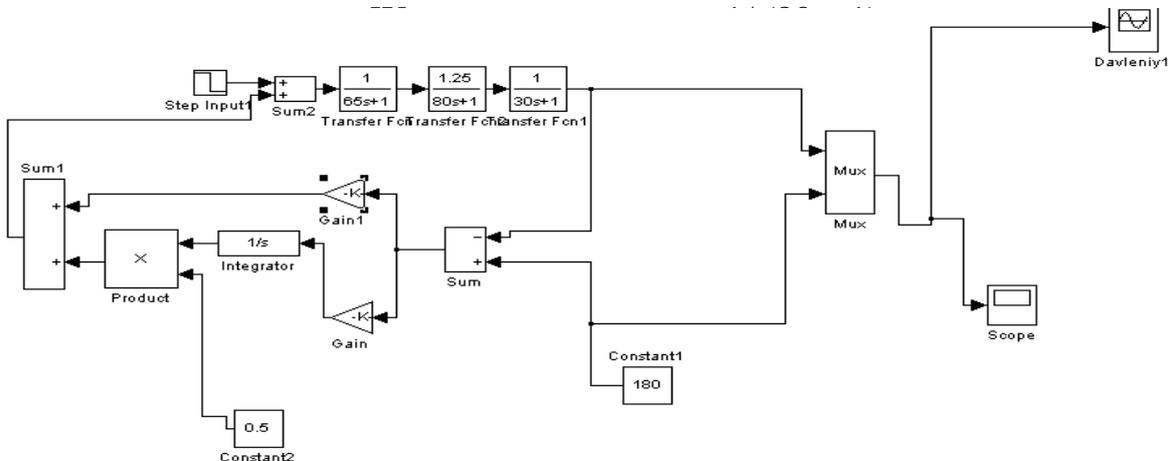
$$K_p = K_p^* \cdot K_0 / K_0 = 3,6 / 0,9 = 4$$

$$T_u = T_u / t \cdot t = 2,0 \cdot 48 = 96 \text{ сек.}$$

$$T_D = T_D / t \cdot t = 0,4 \cdot 48 = 192 \text{ сек.}$$

На основании заданных значений передаточных функций построим схему системы автоматического регулирования температуру в сушильном аппарате в SIMULINK (рис. 1).

$$W_{\text{датчика}} = 1 / (10s + 1), \quad W_{\text{рабочего органа}} = 1 / (70s + 1),$$



С помощью ЛТИ построим переходную характеристику (рис.1).

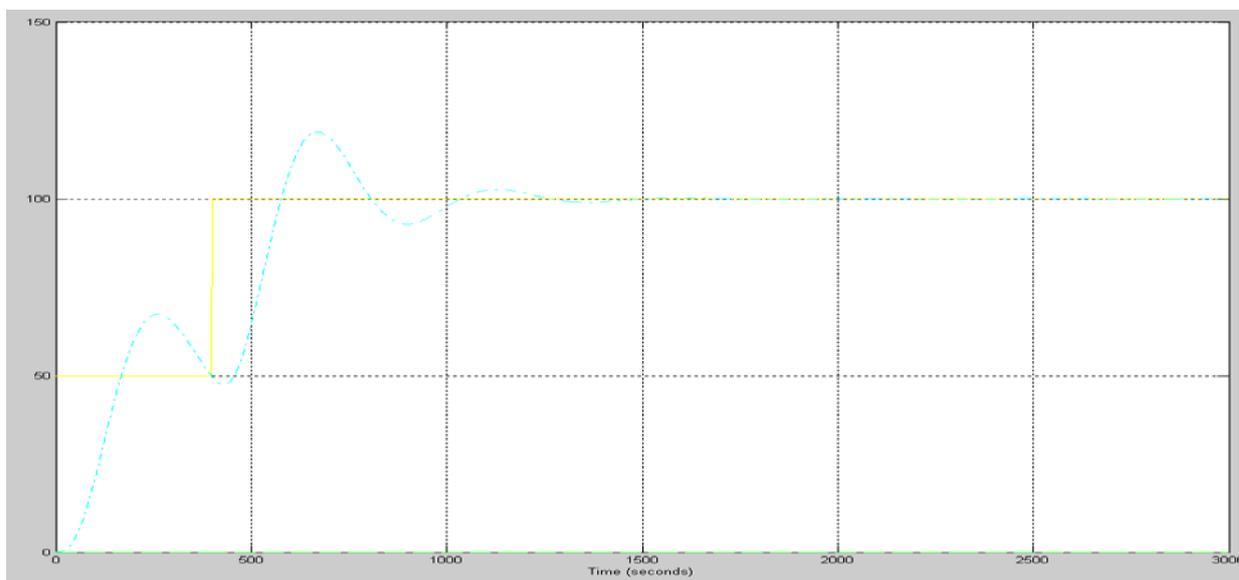


Рис.2 Переходная характеристика САР

По виду переходной характеристики можно сказать, что имеющиеся показатели качества не удовлетворяют заданным:

- время регулирования составляет 48.2 с.
- установившееся значение – 2.34
- время нарастания – 16.3 с.
- статическая ошибка – 0,98

Заданные показатели качества и запасы устойчивости:

- время регулирования  $\leq 58$  с;
- статическая ошибка  $\leq 0,08$ ;
- перерегулирование  $\leq 15$  %;
- время нарастания  $\leq 25$  с;

По виду переходного процесса ясно, что для обеспечения заданных показателей качества и точности переходного процесса необходимо введение в систему линейного регулятора.

Необходимым условием надежной устойчивой работы АСР является правильный выбор типа регулятора и его настроек, гарантирующий требуемое качество регулирования.

В зависимости от свойств объектов управления, определяемых его передаточной функцией и параметрами, и предполагаемого вида переходного процесса выбирается тип и настройка линейных регуляторов.

Основные области применения линейных регуляторов определяются с учетом следующих рекомендаций: И – регулятор со статическим ОР – при медленных изменениях возмущений и малом времени запаздывания ( $\tau/T < 0.1$ );

П – регулятор со статическим и астатическим ОР – при любой инерционности и времени запаздывания, определяемом соотношением  $\tau/T < 0.1$ ;

ПИ – регулятор – при любой инерционности и времени запаздывания ОР, определяемом соотношением  $\tau/T < 1$ ;

ПИД-регуляторы при условии  $\tau/T < 1$  и малой колебательности исходных процессов.

Исходя из выше изложенных рекомендаций и учитывая, что вид переходной характеристики напоминает изодромный процесс, видно, что в данную систему подойдет ПИД – регулятор.

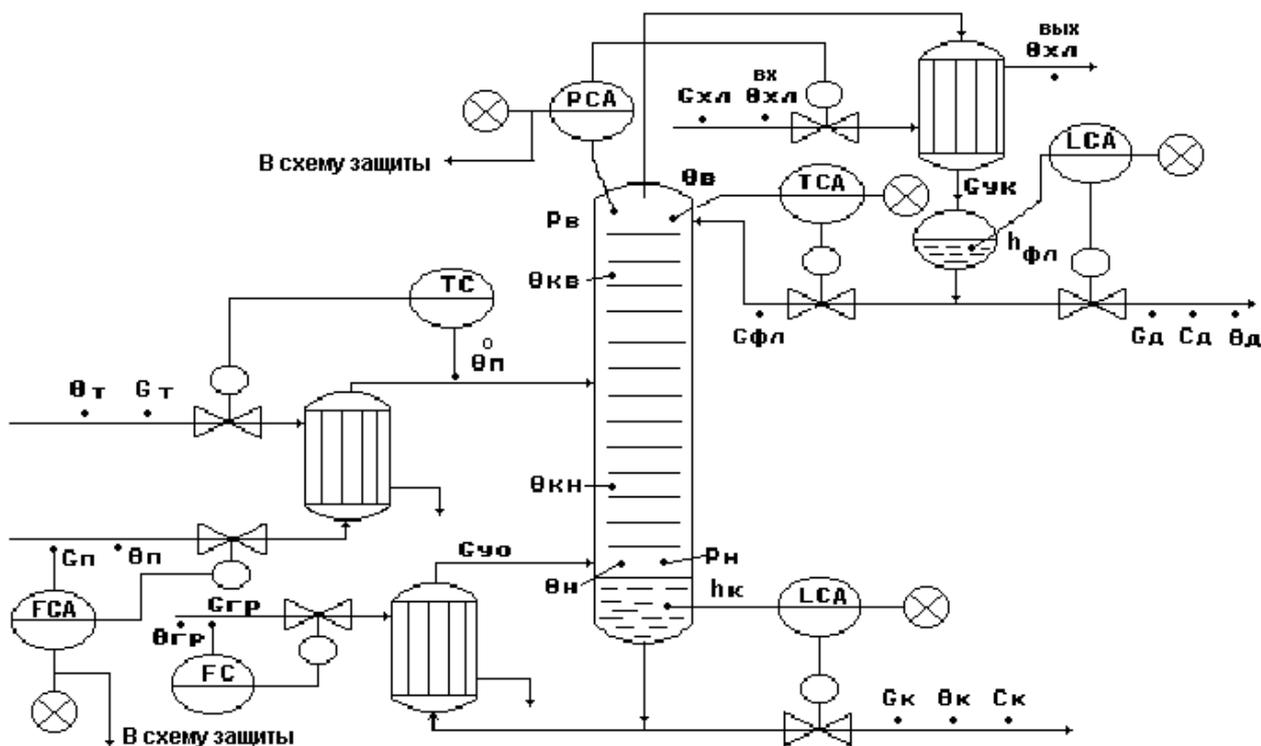


Рис 3. Автоматизация ректификационной колонны

## 1. Регулирование.

- Регулирование  $\theta_v = f(c_d)$  по подаче флегмы - косвенное регулирование показателя эффективности процесса  $c_d$ .
- Регулирование  $P_v$  по подаче хладоагента  $G_{хл}$  - обеспечивает материальный баланс по паровой фазе.
- Регулирование  $h_{фл}$  по отбору флегмы  $G_{фл}$  - обеспечивает материальный баланс по жидкой фазе верха колонны.
- Регулирование  $h_k$  по отбору кубового продукта  $G_k$  - обеспечивает материальный баланс по жидкой фазе низа колонны.
- Стабилизация расхода питания  $G_n$  - обеспечивает:
  - материальный баланс по всему веществу,
  - снятие наиболее существенных возмущений,
  - заданное положение рабочей области колонны;
  - стабилизацию производительности установки.
- Стабилизация расхода греющего пара  $G_{гр}$  - обеспечивает:
  - тепловой баланс установки;
  - стабилизацию  $G_{y0}$ .
- Регулирование  $\theta_n^0$  по подаче  $G_T$  обеспечивает:
  - заданное положение рабочей линии;
  - эффективность процесса разделения;
  - тепловой баланс

## 2. Контроль.

- Температуры и расходы всех исходных потоков.
- Температуры -  $\theta_v, \theta_n, \theta_{кв}, \theta_{кн}, \theta_{п0}$ .
- Давление -  $P_v, P_n$ .
- Уровень -  $h_{фл}, h_k$ .
- Концентрации -  $c_d$  или  $c_k$ .

## 3. Сигнализация.

- существенные отклонения  $h_{фл}, h_k, \theta_v$  от заданий;
- повышение  $\uparrow P > P_{пред}$ ;
- резкое снижение или прекращение подачи потока питания  $\downarrow G_n$ .

TIRC/1 — регулятор температуры верха; TIRC/2,3,4 — показатели температуры; LIRC/1 — межфазовый регулятор уровня дистиллят/вода  
PIRC/1 — регулятор давления; FIRC/1,2 — регуляторы расхода орошения

и откачки дистиллята Для надежного вывода дистиллята из емкости-сепаратора установлена вертикальная перегородка, перетекая через которую обезвоженный дистиллят поступает на прием насоса, подающий орошение по линии на верхнюю тарелку колонны. Орошение в насадочные колонны вводится через специальный коллектор, обеспечивающий равномерное орошение насадки по сечению аппарата. Балансовое количество дистиллята отводится по линии, который регулируется прибором принимающим сигнал уровня (LIRC/2) из емкости. Анализаторы качества дистиллята на потоках установлены так, чтобы уменьшит инерционность регулирования, т. е. в тех местах потоков, где возможен оперативный контроль качества.

**ПЕРЕЧЕНЬ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ, РАССЧИТЫВАЕМЫХ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ЧАСТИ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ**

Производственная программа - выпуск продукции в натуральном  
выражении и стоимостном измерениях

Таблица 1

№	Наименование продуктов	ед. изм	Цена единицы, тыс.сум	В натуральном выражении	В стоимостном выражении
	пиролиз природного газа	т	185000	100000	18500000

Таблица 2

**Калькуляция себестоимости продукции (указать наименование)**

Годовой выпуск - (в натуральном измерении)

Калькулируемая единица продукции - (1т, 10 дал, 100 бут. и т.д.).

№	Наименование статей затрат	Стоимость	
		Единицы,	Годового выпуска,

		сум/шт.	тыс сум.
1.	Сырье и прямые материальные затраты.	108500	10850000
2.	<b>Прямые затраты на труд</b>	6200	620000
	<b>а) Заработная производственных рабочих.</b>	4712	471200
	<b>б) ставка единого социального платежа - 25% от з/платы.</b>	1488	148800
3.	Косвенные затраты на материала ...% от прямых затрат.	23250	2325000
4.	Косвенные затраты на труд		
	а) % от прямых затрат (в.т.)		
	б) % на ставку ед. соц. платежа).	9300	930000
5.	Амортизация оборудования	6200	620000
6.	Прочие расходы производственного назначения.	1550	155000000
7.	Производственная себестоимость	142600	14260000
8.	Расходы периода	12400	1240000
9.	Общие издержки	155000	15500000
10.	Прибыль	30000	3000000
11.	Рентабельность(%)	19	-
12.	Оптовая цена предприятия	185000	18500000
13.	Ставка акциза		-
	НДС	222000	22200000

Пояснение к табл. 2

п. 1 - данные табл. 1 (итог)

п.2 - з/плата основных производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование - 25.0% - из штатного расписания конкретного предприятия

п.3 - транспортные затраты - 10% от стоимости сырья, материалов, если они привозные (уточнение на производстве)

п.4 - з/плата вспомогательных рабочих цехового персонала, содержание, эксплуатация, ремонт, амортизация зданий и оборудования, прочие затраты - из заводской калькуляции на аналогичную продукцию. п.5 - итог 1+4

п.6 - из калькуляции предприятия на аналогичную продукцию, п.7- сумма п.5+п.6

п.8,9 - необходимая, рентабельность продукции по данным предприятия из калькуляции. п.10-гр.5 + гр.8

п.11 -гр.10 x 1.20 (НДС-20%) рентабельность определяется по формуле

$$P = \frac{П}{С} \cdot 100\%$$

П - прибыль, сум

С - себестоимость продукции, сум.

#### Основные технико-экономические показатели производства

Таблице 3

№	Наименование показателей	Ед-ца изм.	Показатели проекта
1.	Годовой выпуск продукции	ед. натур. изм., т.сум	100000
	а) в натуральном выражении		
	б) стоимость товарной продукции		18500000
2.	Себестоимость ед.продукции	сум/т	142600
3.	Себестоимость годового выпуска продукции	тыс.сум	14260000
4.	Оптово-отпускная цена единицы продукции без НДС	сум/т	222000
5.	Необходимая прибыль	тыс.сум	3000000
6.	Рентабельность продукции	%	19
7.	З/плата рабочего за месяц	тыс.сум	1700000
8.	З/плата цехового персонала за месяц	тыс.сум	145000

### Пояснение к таблице 3

п.1 а - данные таблицы 1

б - данные таблицы 2

п. 2 - б - данные таблицы 2

п. 7 - 8 - из штатного расписания действующего аналогичного производства (среднемесячная заработная плата).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Окислительный пиролиз – процесс термического разложения промышленных отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива.

Изучена зависимость выхода ацетилена от температуры, давления, концентрации исходного сырья и полупродуктов. Определены физико-химические и эксплуатационные характеристики готового продукта и исходного сырья. Рассчитан материальный и тепловой баланс процесса, установлены механические данные основного оборудования технологической линии. В выпускной работе решены проблемы охране окружающей среды.

Выбранный метод применим для обезвреживания многих отходов, в том числе «неудобных» для сжигания или газификации: вязких, пастообразных отходов, влажных осадков, пластмасс, шламов с большим содержанием золы, загрязненную мазутом, маслами и другими соединениями землю, сильно пылящих отходов. Кроме этого, окислительному пиролизу могут подвергаться отходы, содержащие металлы и их соли, которые плавятся и возгорают при нормальных температурах сжигания, отработанные шины, кабели в измельченном состоянии, автомобильный скрап и др.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.А. Каримов. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном основным итогам 2015 года и приоритетам социально-экономического развития на 2016 год. // Народное слово от 20.01.2016 г.
2. Н.Н. Лебедев. Химия и технология основного органического и нефтеперерабатывающего синтеза. М.:Химия, 1981 й. – 608 б.
3. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. Г.НТИХЛ. М.: 1960 й. -830 б.
4. Ю.М. Дытреский. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия 1983 й. -272 б.
5. А.А. Кузнецов, О.М. Кагерманов, Е.Н. Судаков. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Л.: Химия.1974й.344с.
6. Проскуряков Б.А., Дробкина А.Е. «Химия нефти и газа». – М.: Химия, 1995г.
7. Уильям Л. Леффлер. «Переработка нефти» – М.: ЗАО «Олимп-бизнес» 1999 г.
8. Магарил Р.З. «Образование углерода при термических превращениях индивидуальных углеводородов и нефте продуктов». – М.: Химия, 1973 г. – 143 стр.
9. Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе/А.Ф. Николаев. – 2-е изд., доп.-Л.: Химия, 1966. -768 с.
10. Процесс изготовления углеродных волокон на основе коммерческих полиакрилонитрильных волокон мокрого формования /R. Eslami Farsani и др. // Химические волокна. – 2006. – №5. – С. 30–33.
11. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: учебник для вузов/ Ю.Д. Семчиков. – М.: Академия, 2003. – 368 с.
12. Энциклопедия полимеров: энциклопедия. В 3 т. Т. 1. А-К. – М.: Советская энциклопедия, 1972. -1224 с.