

Содержание

РЕФЕРАТ.....	3
ABSTRACT.....	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	6
2.ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	7
2.1.Технико-экономические обоснование.....	7
2.1.1 Методы получения	7
2.2.Общая характеристика производства.....	16
2.3.Физико-химические основы технологического производства	21
2.4.Выбор и обоснование конструкции основного аппарата.....	32
2.5.Конструктивные типы аппаратов	39
2.6.Технологическое оформление процесса	43
3.ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ.....	56
3.1.Материальный баланс	56
3.2. Тепловой баланс	60
3.3. Технологический расчет основного аппарата.....	71
3.4. Гидравлический расчет основного аппарата	76
3.5. Механический расчет основного аппарата	81
3.6. Расчет теплообменника.....	101
3.7. Результаты проведенного исследования (разработки).....	102

4.3. Организация и экономика производства мономеров	132
4.3.1. Расчёт производственной мощности.....	132
4.3.6. Определение цены готовой продукции.....	147
5.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	153
5.1.Производственная безопасность	154
5.2.Химические факторы	156
4.3.Мероприятия по предупреждению производственных отравлений.....	157
5.5.Технические мероприятия	159
5.6.Медико-санитарные мероприятия.....	159
5.7.Повышенный уровень	160
5.8.Освещенность рабочей зоны	162
5.9. Физические опасные факторы	164
5.10.Электробезопасность	166
5.11. Экологическая безопасность	167
5.12.Безопасность в чрезвычайных ситуациях	169
5.12.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	171
5.13.Компановка оборудования.....	173
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	176
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	177

РЕФЕРАТ

Дипломная работа в количестве 181 стр., 24 рисунков, 31 таблиц, 3 приложения, 25 литературных источников, 5 л. графич. материала.

Ключевые слова: этилен, пропилен, печь пиролиза бензина, конвективная камера, радиантная камера, пиролиз.

Объектом разработки представлено производство ЭП-300.

Целью проектирования является увеличить действующую мощность производства на 10 % с учетом потерь в 2%.

Значительные изменения по модернизации производства не вводились.

Вырабатываемый этилен предназначается для получения полиэтилена, поливинилхлорида, окиси этилена, этилового спирта, этилбензола, уксусного альдегида и других продуктов органического синтеза.

Пропилен, получаемый из пиролизного газа, применяется для производства полипропилена, окиси пропилена, изопропилбензола, масляных альдегидов и бутиловых спиртов, изопропилового спирта, акрилонитрила, глицерина и других продуктов нефтехимического синтеза.

Выполненные экономические расчеты показывают, что производство рентабельно на 16 %.

ABSTRACT

Thesis in the amount of 181 p., 24 figures, 31 tables, 3 appendices, 25 references, 5 l. graphic material.

Key words: ethylene, propylene, pyrolysis oven gasoline, the convective chamber, a radiant chamber, pyrolysis.

The object of development represented by the EP-300 production.

A design objective is to increase the current production capacity by 10% with regard to the loss of 2%.

Significant changes to modernize the production were not introduced. The ethylene produced is intended to produce polyethylene, polyvinyl chloride, ethylene oxide, ethyl alcohol, ethylbenzene, acetic aldehyde and other products of organic synthesis.

Propylene, derived from the pyrolysis gas used for the production of polypropylene, propylene oxide, isopropyl, butyric aldehydes and butyl alcohols, isopropyl alcohol, Acrylonitrile, glycerin and other products of petrochemical synthesis.

Performed economic calculations show that the production is cost-effective is 16 %.

Введение

ООО «Томскнефтехим» — дочернее предприятие СИБУРа и один из крупнейших российских производителей полимеров — полипропилена и полиэтилена высокого давления.

В состав мощностей предприятия входит производство мономеров - этилена и пропилена (установленная мощность: 300 тыс. тонн и 139 тыс. тонн в год соответственно), полностью обеспечивающее сырьем производства полимеров: полипропилена (мощность - 130 тысяч тонн в год) и полиэтилена высокого давления (мощность - 245 тысяч тонн в год).

Полное наименование производства - крупнотоннажное производство этилена, пропилена и сопутствующих продуктов методом пиролиза бензиновых фракций (производство ЭП-300).

В течение последних 30 лет в сырьевой базе отечественной и мировой нефтехимии ведущая роль принадлежит низшим олефинам – этилену и пропилену. Основным источником их производства служит процесс термического пиролиза углеводородов с водяным паром. Именно на установках пиролиза получают сегодня первичные продукты, обеспечивающие сырьем производства пластических масс, синтетических смол, каучуков и волокон. Современный процесс производства низших олефинов – термический пиролиз углеводородов с водяным паром – выделился из процессов нефтепереработки и превратился в основной промышленный метод получения этилена и пропилена в период 1920-1940 гг.

В настоящее время наибольшее распространение в мировой нефтехимии получил процесс термического пиролиза прямогонного бензина с водяным паром в трубчатых печах, достигший практически предельных выходов целевой продукции.

этилена из нефтяного сырья дополнительно стимулируется потреблением всего ассортимента продукции, получаемой в комплексном процессе пиролиза[1].

1 Обзор литературы

Современный этап развития промышленности органического синтеза определяется обычно как “нефтехимический”, однако его можно назвать и “олефиновым”. При мировом объеме производства продуктов в процессах тяжелого органического синтеза 100 млн т в год мощности по этилену достигает 70 млн т в год [1].

Производство и потребление этилена неуклонно возрастают.

Наиболее распространенным в мировой нефтехимии является процесс термического пиролиза прямогонного бензина с водяным паром в трубчатых печах, достигший наиболее высокого выхода целевой продукции. В этом процессе вместо устаревших печей малой производительности (4 – 6 тыс. т этилена в год) теперь применяют более мощные агрегаты, отличающиеся высоким теплонапряжением, жестким режимом работы и малым временем пребывания сырья. Современные установки пиролиза отличаются большой мощностью и высокой степенью утилизации тепла дымовых газов и продуктов пиролиза[2].

2. Теоретическая часть

2.1. Техничко-экономические обоснование

2.1.1 Методы получения

Производственная мощность ЭП-300 составляет 300 тысяч тонн этилена в год. Основным сырьем производства этилена является прямогонный бензин. При пиролизе бензина получают товарные продукты: этилен, пропилен, углеводороды C_4 , а так же легкие фракции углеводородов, так называемые, этановая фракция. С целью снижения расхода сырья на получение целевого продукта – этилена, на всех этиленовых производствах организована переработка этана – рецикла.

Этилен при обычных условиях является газом. $T_{\text{крит.}} = 9,9 \text{ }^\circ\text{C}$ поэтому этилен можно превратить в жидкость только при низких температурах и высоких давлениях.

Все низшие олефины дают с воздухом взрывоопасные смеси, вследствие чего цеха, производящие эти углеводороды, относятся по своей пожароопасности к категории А. По токсичности олефины близки к насыщенным углеводородам (вызывают при вдыхании паров наркотические явления).

Прямогонный бензин является единственным источником получения этана, поэтому для увеличения мощности производства до 330 тысяч тонн в год нужно увеличить расход прямогонного бензина. Это повлечет за собой увеличение выхода этановой фракции. Нашей задачей является определить число трубчатых печей для обеспечения заданной производительности этилена [1].

Бензиновые фракции прямой перегонки представляют собой смесь углеводородов, включая парафины, нафтены и органические соединения. Углеводороды термически неустойчивы и при повышении температуры разлагаются. Продуктами полного термического разложения являются углерод, водород. По мере углубления процесса образуются углеводороды, имеющие все меньшее

Следует заметить, что этилен занимает преобладающее место как исходные вещества для дальнейшего синтеза и до процессов расщепления углеводородного сырья, используемых в настоящее время.

Существует две группы процессов получения этилена и пропилена:

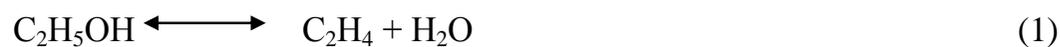
1. Процессы, в которых этилен и пропилен являются побочными продуктами.
2. Специализированные процессы, направленные на максимальную выработку этилена и пропилена.

Эта группа включает в себя:

- высокотемпературный пиролиз жидкого и газообразного сырья (основной метод массового производства этилена и пропилена);
- термический крекинг высокомолекулярных парафинов;
- каталитическое дегидрирование парафинов.

В настоящее время именно термическое расщепление углеводородов стало главным методом для крупномасштабного производства этилена и пропилена, поскольку такое углеводородное сырье наиболее доступно, наиболее дешевое (по сравнению с другими видами сырья), возможность реализации побочных продуктов (тяжелая смола пиролиза, пироконденсат), возможность вести процесс с достаточно высокой степенью конверсии. Такое термическое расщепление называли пиролизом [1].

К примеру, процесс дегидратации этилового и изопропилового спиртов в XIX-начале XX века служил основой для получения этилена и пропилена:





С целью получения этилена возможен ряд превращений:



Процесс гидрирования диметилкетона в изопропиловый спирт возможен для получения малых количеств пропилена (C_3H_6):

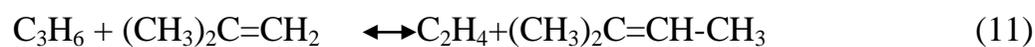


Процесс диспропорционирования пропилена в этилен и н-бутилен:



Этот метод реализован в промышленности, но не получил большого развития.

Возможен также процесс диспропорционирования смеси пропилена и изобутилена в этилен и 2-метилбутен-2:



2.1.2 Термический гомогенный пиролиз

Крупномасштабные установки отличаются более низким капитальными и эксплуатационными расходами на тонну этилена.

Основными задачами на данный момент являются: повышение прочности и долговечности труб и минимизации капиталовложений и эксплуатационных расходов. Вот несколько технических решений в этом направлении:

а) Применение закалочных холодильников с прямыми трубами, что позволило уменьшить количество механических чисток;

б) Сокращение числа горелок за счет применения горелок большей производительности, дающих пламя, направленное вверх;

в) Изготовление радиантных труб из материалов с повышенным содержанием никеля (48%) и вольфрама, что позволило поднять температуру стенки трубы и увеличить сопротивление ползучести материала труб;

г) Модернизация опор для радиантных змеевиков, например, применение подвесных тяг с постоянной нагрузкой для повышения прочности;

д) Применение усовершенствованного управления, позволяющее оптимизировать жесткость процесса, нагрузку печи, дозировку пароразбавителя, распределения сырья по потокам печи, управление процесса горения топлива;

е) Шлифовка внутренней поверхности труб, позволившая уменьшить процессы коксообразования.

В результате анализа состояния термического разложения были предложены следующие рекомендации:

- за счет увеличения массовой скорости дымовых газов и уменьшения длины труб (конвекционная секция в этих печах короче радиантной), обеспечивается высокий тепловой КПД при малой площади теплообмена;

- увеличение мощности пиролизной печи и снижение капиталовложений может быть достигнуто за счет увеличения длины однокамерной печи (с одной радиантной секцией) или объединением двух радиантных секций в одной двухкамерной печи (во второй конструкции две радиантные секции имеют общую конвекционную);

- печь можно сделать наиболее гибкой по сырью и нагрузке, производя пиролиз индивидуального сырья в отдельных змеевиках одной пиролизной печи [1].

2.1.3. Пиролиз в присутствии гетерогенных катализаторов

Гетерогенные каталитические системы, которые применимы к высокоэнталпийным реакциям, обеспечивают высокие скорости реакций и, как следствие, снижение температуры, что противоречит основным требованиям для обеспечения высоких выходов этилена: высокие температуры и короткое время пребывания.

Использование катализаторов в процессе пиролиза позволяет:

- существенно увеличить выход целевых олефинов;
- снизить температуру и время контакта;
- уменьшить требования к высоколегированным материалам; упростить систему заправки.

Публикации (в основном патенты), касающиеся приготовления, свойств, активности и стабильности гетерогенных катализаторов пиролиза появились в литературе с начала 60-х годов. Наибольший интерес и значение уже в тот период получили исследования по каталитическому пиролизу, выполненные в Московском институте нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина под руководством Я. М. Паушкина и С. В. Адельсон [1].

пленку олефинов, тогда как олефины диффундируют в обратном направлении с поверхности катализатора в сырьё [1]. Неизбежно закоксовывание поверхности катализатора, где концентрация олефинов максимальна. В таблице 1.1 представлены результаты пиролиза прямогонного бензина на различных катализаторах пиролиза разработанных в МГАНГ им. И.М.Губкина [6, 7]. Опыты проводились в кварцевом реакторе при температуре 7800С и степени разбавления сырья водяным паром 70% (в качестве носителя катализатора использовался муллит-корунд).

В данных разработках в качестве катализаторов использовались соединения металлов (оксиды металлов) переменной валентности обладающих свойством саморегенерации, а также способностью миграции активных центров через пленку кокса, что способствует работе системы не снижая активности. Наибольшую активность из исследованных катализаторов показали ванадат калия и оксид стронция.

Таблица 2.1. Результаты каталитического пиролиза бензина на различных катализаторах.

Показатели	Без cat.	Ванадат калия	MgO	MgSO ₄	Cl ₂	SrO
Время контакта, с	0,5- 0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
Содержание активной массы, масс %	-	5,0	1,5	4,2	5,8	3,5
Выход, %						
H ₂	0,9	1,0	0,87	1,0	0,8	1,1
CH ₄	15,5	15,0	16,8	17,5	16,8	15,7
C ₂ H ₄	28,7	34,9	35,5	35,5	34,9	36,4
C ₃ H ₆	14,8	14,4	13,3	12,5	14,0	14,3

Примечание

Газообразование	75,2	83,8	78,5	78,7	79,8	77,5
CH ₄ / C ₂ H ₄	0,54	0,43	0,47	0,49	0,47	0,43

2.1.4. Гетерогенно-гомогенный пиролиз

Является одним из промежуточных способов пиролиза, сущность которого заключается в осуществлении пиролиза в трубчатом змеевике с подводом теплоты через стенку и с гомогенным теплоносителем. При этом способе полностью не устраняются недостатки чисто гетерогенного способа, и требуется дополнительная организация производства гомогенного теплоносителя[3].

2.1.5. Окислительный пиролиз.

При окислительном пиролизе происходит совмещение в одном аппарате эндотермического процесса и экзотермического процесса горения углеводородов.

Сущность такого пиролиза заключается в том, что теплоноситель (продукты сгорания какого-либо топлива) быстро и относительно полно смешивается с превращенным сырьем, при этом проходит их гомогенная конверсия (пиролиз).

При окислительном пиролизе углеводород пиролизуется в результате нагрева при сгорании части этого же углеводорода в кислороде или воздухе.

Окислительный пиролиз применяется при производстве ацетилена из метана, а также разложении этана в этилен [4].

2.1.6. Пиролиз углеводородного сырья в расплавленных средах

расплавленной среды или пленочном течении расплава и др. По способу подвода к сырью тепла расплавы могут служить теплоносителями, либо тепло может передаваться в реакционную зону из вне. Разрабатывался барботажный и в дальнейшем дисперсионный в системе газлифта процесс пиролиза с использованием расплавов солей [1]

Основные достоинства данного процесса:

- возможность переработки практически любых видов сырья от легких углеводородных газов до тяжелых жидких фракций (вакуумный газойль, сырая нефть);
- высокоэффективная теплопередача;
- простота непрерывной эвакуации из реакционной зоны твердых продуктов распада (сажи, кокса), благодаря чему отпадает необходимость в периодических остановках реактора для выжигания кокса.

Недостатками пиролиза углеводородного сырья в присутствии расплавленного теплоносителя являются необходимость нагрева и циркуляции теплоносителя, а также сложность отделения его от продуктов реакции. [1]

2.1.7. Гидропиролиз

Довольно эффективной добавкой при пиролизе является водород. Введение водорода в зону реакции ускоряет первичные реакции разложения сырья и реакции дальнейшего разложения олефинов, образовавшихся на первой стадии реакции (пропилена, бутенов) с дополнительным образованием, в частности, этилена. Вместе с тем наличие водорода в системе приводит к снижению коксообразования, так как, присоединяясь к ненасыщенным и неактивным радикалам, образующим постепенно кокс, водород обрывает цепные радикальные реакции, ведущие к его получению.

К недостаткам пиролиза с добавлением водорода относятся: значительный расход водорода, стоимость производства которого достаточно велика, и значительно увеличенный объём газообразных продуктов пиролиза, что отрицательно сказывается на работе аппаратов разделения пирогаза. Данный процесс промышленного применения не получил.[4]

2.1.8. Пиролиз в присутствии гомогенных инициаторов

Широкое применение получили различные добавки и инициаторы способные инициировать процесс пиролиза, а также ингибировать нежелательные процессы.

В качестве гомогенных инициаторов реакций пиролиза известен и предложен ряд веществ: галогены и галогенсодержащие вещества, а также органические пероксиды и пероксид водорода, сера и серосодержащие вещества, водород и соединения, образующие при термическом разложении водород и ряд других. Из исследованных инициаторов пиролиза самыми активными оказались галогенсодержащие, пероксидные соединения, а также водород и вещества выделяющие водород при нагревании.[1]

2.1.9. Электрокрекинг

Этот процесс проводят двумя способами: при помощи вольтовой дуги и в пламенной струе. Когда углеводородное сырье подвергают пиролизу в электродуговых печах при напряжении между электродами 1000 В. Затраты электроэнергии доходят до 13000 кВт/ч, что является главным недостатком процесса[2].

2.1.10.Высокотемпературный пиролиз с газообразным теплоносителем

Процесс высокотемпературного пиролиза в адиабатическом реакторе, осуществляемый в

даёт превышение выходов этилена для всех видов сырья, за исключением этана, для которого уже пиролиз в трубчатых печах обеспечивает полное исчерпывание этиленового потенциала.

Процесс, основанный на принципе смешения высоко нагретого теплоносителя с пиролизуемым сырьём разрабатывался ПО “Салаватнефтеоргсинтез” и ВНИИОС. Процесс ориентирован на пиролиз тяжёлых нефтяных фракций – вакуумного газойля и мазута. Теплоносителем служит смесь водяного пара и водорода с температурой 1600-1900°C, получаемая смешением предварительно подогретого водяного пара с продуктами сгорания водорода в кислороде. В результате пиролиза мазута при температуре 950-1000°C и времени пребывания 0,005-0,007 с получены следующие выходы продуктов (на мазут): 30-34% этилена, 11-13% пропилена, 3-4% бутадиена, 6-8% пироконденсата и 25-32% тяжёлой смолы пиролиза. Разработана альтернативная схема высокоскоростного гидропиролиза: давление - до 4 МПа, температура – до 1000°C, малое (0,001-0,0002с) время смешения и контакта высоко нагретой смеси и теплоносителя, нагрев последнего в высокотемпературном регенеративном нагревателе или плазмотроне, использование газотурбинных установок [8].

2.1.11 Пиролиз в трубчатых печах

К настоящему времени единственным освоенным и широко распространённым в промышленности методом пиролиза является термический пиролиз в трубчатых печах. Из известных ограничений процесса пиролиза в трубчатых печах немаловажное значение имеют и трудности с применением сырья, склонного к повышенному коксообразованию. Необходимость расширения сырьевой базы, а также удельных энергетических и материальных затрат привела к разработке новых модификаций процесса, в основном рассчитанных на пиролиз тяжёлых видов углеводородного сырья. Разрабатываются не только процессы пиролиза утяжеленного сырья (мазут, вакуумный газойль, нефть), но и принципиально новые методы со значительным повышением выходов этилена.[1].

2.2.Общая характеристика производства

фракция углеводородов. С целью снижения расхода сырья на получение целевого продукта – этилена, на всех этиленовых производствах организована переработка этана – рецикла.

При обычных условиях этилен является газом $T_{\text{крит}} = 9,9^{\circ}\text{C}$, в жидкость его можно превратить только при низкой температуре и высоком давлении.

Все низшие олефины дают с воздухом взрывоопасные смеси, вследствие чего цеха, производящие эти углеводороды, относятся по своей пожароопасности к категории А. По токсичности олефины близки к насыщенным углеводородам (вызывают при вдыхании паров наркотические явления).

Прямогонный бензин является единственным источником получения этана, поэтому для мощности производства 300 тысяч тонн в год нужно рассчитать расход прямогонного бензина. Нашей задачей является определить число трубчатых печей для обеспечения данной производительности этилена.

2.2.1. Характеристика производимой продукции

Таблица 2.2. Производимая продукция

Наименование сырья, материалов, полупродуктов	ГОСТ, ТУ, регламент или методика на подготовку сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели	
			Прямогонный бензин	Бензин-рафинат
1	2	3	4	
1. Бензин	ТУ 38.402-62-120-90	1. Плотность при 200 °С, г/см ³ 2. Фракционный состав, °С: - температура начала кипения - 10% продукта перегоняется при	0,725 Не ниже 35 Не выше 75	Не определяется Не ниже

		<p>- температура конца кипения</p> <p>3. Углеводородный состав, %:</p> <p>- массовая доля ароматических УВ</p> <p>- массовая доля парафиновых УВ</p>	<p>Не выше 170</p> <p>Не более 7</p> <p>Не менее 35</p>	<p>ся</p> <p>Не нормируется</p> <p>Не определяется</p> <p>Не выше 120</p> <p>Не более 2</p> <p>Не определяется</p>
		<p>4. Йодное число, г йода на 100 г продукта</p> <p>5. Массовая доля серы, %</p> <p>6. Испытание на медной пластинке</p> <p>7. Содержание воды и механических примесей</p>	<p>Не более 1,0</p> <p>Не более 0,05</p> <p>Не выдерживает</p> <p>Отсутствие</p>	<p>Не более 1,0</p> <p>Не более 0,002</p> <p>Выдерживает</p>

		фактических смол, мг на 100 см ³		Отсутствует Не определяется
2. Широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ)	ТУ 38.101524-93	Массовая доля компонентов, %: - сумма C1-C2 - пропан - сумма C4-C5 - сумма C6 2. Массовая доля сероводорода, % 3. Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, %	марка А Не более 3 Не менее 15 Не менее 45 Не более 15 Не более 0,003 Не более 0,025	марка Б Не более 5 - Не менее 40 Не более 30 Не более 0,003 Не более 0,025
3. Пропан-бутановая фракция	ГОСТ 20448-90	1. Углеводородный состав (массовая доля), %: - C1-C2 (этан+метан+этилен) - C3 - C4 - C5 и выше - сера	Не нормируется Не нормируется Не нормируется Не нормируется По факту	
4. Этановая фракция	Проект	1. Полный состав (объемная доля), %: - этилена -этана -пропилена	Не более 1,5 95-98 Не более 3,0	
5. Пропановая фракция	Проект	1. Полный состав (объемная доля), %: - C3H6 + C3H8 метилацетилена + пропидиена - сумма C4	Не менее 75 Не более 25 Не более 4	
6. Водородная	Проект	1.. Полный состав		

промышленного и коммунально-бытового назначения	(топливный газ)	200С 2. Масса механических примесей в 1 м3, г 3. Объемная доля кислорода, %	Не более 0,001 Не более 1,0
8. Деаэрированная вода (питательная вода)	РТМ 108.030.130-79	1. Содержание O2 в воде, мкг/кг 2. рН при 250С	9,1+0,1 Не более 1.0
9. Катализатор	ТУ 38.102178-86	1. Химический состав катализатора (в пересчете на прокаленное при 8500С), %: - массовая доля палладия - массовая доля железа - массовая доля натрия в пересчете на окись натрия 2. Насыпная плотность катализатора (прокаленного при 5500С), кг/дм3	0,25±0,05 Не более 0,02 Не более 0,13 0,6±0,15
10. Масло промышленное	ГОСТ 20799-88 марка И-40	1. Кинематическая вязкость при 40 0С, сСт: 2. Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, 0С 3. Содержание воды	Не ниже 220 Не ниже 180 следы
11. Синтетический цеолит	ТУ 2163-006-05766557-98	1. Насыпная плотность, г/см3 2. Механическая прочность на раздавливание, кг/мм2	Не менее 0,72 Не менее 1,2

2.3. Физико-химические основы технологического производства

Пиролиз углеводородов - это сложный процесс, в котором протекают химические реакции расщепления, конденсации, полимеризации углеводородов по радикально-цепному механизму при высоких температурах (830-850) °С и низком давлении с получением пиролизного газа.

В настоящее время наиболее широко в качестве сырья пиролиза используют бензиновые фракции.

В бензиновых фракциях содержится до 200 компонентов, часть из которых не всегда удается идентифицировать из-за их малой концентрации (метод газожидкостной хроматографии). Примерно 95% присутствующих в бензине компонентов удается идентифицировать. На их долю приходится 40-60 индивидуальных веществ. Жидкое углеводородное сырье характеризуется фракционным, групповым углеводородным и компонентным составом.

В результате термического разложения углеводородов получают различные продукты и в том числе низшие олефины, метан, а также другие алканы меньшей молекулярной массы, чем исходный.

2.3.1. Химизм процесса

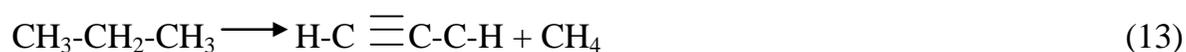
Пиролиз углеводородов - это сложный процесс, в котором протекают химические реакции расщепления, конденсации, полимеризации углеводородов по радикально-цепному механизму при высоких температурах (830 - 850) °С и низком давлении с получением пиролизного газа. Совокупность химических реакций пиролиза можно подразделить на первичные и вторичные [8].

Первичными являются реакции расщепления молекул этана и пропилена (находящиеся в составе этановой фракции) с получением молекул парафинов и олефинов меньшей, чем у исходного парафина, молекулярной массы. К продуктам первичных реакций относятся этилен, метан, водород,

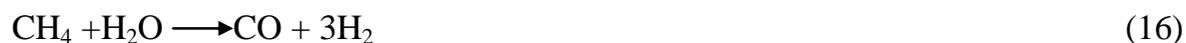
Вторичные реакции - это в основном превращения типа конденсации и полимеризации. В результате последовательных процессов конденсации, полимеризации на стенках пиролизных труб образуются и частично осаждаются богатые углеродом соединения (пиролизный кокс).

В ходе первичных и вторичных химических реакций протекают также реакции дегидрирования[8].

Упрощенно процесс пиролиза можно выразить с помощью химических уравнений:



Вторичные реакции (общие для обоих исходных углеводородов):



Механизм пиролиза этана:



Инициирование цепи заключается в распаде молекулы этана по связи С-С на два метильных радикала –эта реакция описывает образование основных продуктов распада этана на начальных стадиях пиролиза[8].

Далее идет передача цепи:



и продолжение цепи:



Обрыв цепи заключается в рекомбинации радикалов:

Для пиролиза этана характерно, что цепь распада ведет радикал $\text{H}\bullet$; $\text{CH}_3\bullet$ -радикал образуется в очень малых количествах только на стадии инициирования [8].

Процесс пиролиза происходит с поглощением тепла. Теплота реакции пиролиза составляет:

- для этановой фракции - 3771 кДж/кг на прореагировавшее сырье.

Состав пирогаза определяется соотношением скоростей реакций при конкретных условиях проведения процесса и зависит в первую очередь от физико-химических свойств исходного сырья - углеводородных фракций или индивидуальных углеводородов.

При пиролизе жидких углеводородных смесей различного фракционного состава выходы основных целевых продуктов - этилена и пропилена - уменьшаются с увеличением плотности и средней температуры кипения исходной фракции (при прочих равных условиях)[8].

Установлены следующие закономерности влияния химического строения углеводородов, входящих в состав жидких фракций, на распределение выходов основных продуктов пиролиза:

- выход этилена снижается в ряду n-парафины -> изопарафины с одной боковой метильной группой -> нафтены -> изопарафины с двумя и тремя боковыми группами;

- выход пропилена уменьшается при переходе от изопарафинов к нормальным парафинам;

- максимальное количество метана и водорода - из изопарафинов;

- с увеличением количества боковых метильных групп, входящих в состав изопарафинового углеводорода увеличивается выхода пропилена, метана, водорода[8].

Состав пирогаза, получаемого при пиролизе этановой фракции, во многом зависит от температуры пиролиза, времени контакта и парциального давления[8].

лишь при 480-550 °С, ускоряясь при дальнейшем повышении температуры. При этом общая закономерность состоит в том, что при прочих равных условиях с повышением температуры возрастает выход газа и кокса и снижается выход жидких продуктов[2;3].

Главным образом от температуры зависят также состав и выход продуктов. При ее повышении газ обогащается водородом и низшими углеводородами. Повышение температуры до 750-850 °С приводит к тому, в газе остается все меньше парафинов C_2-C_4 и он обогащается пропиленом и особенно этиленом (рис.15). Суммарный выход олефинов C_2-C_4 на исходное сырье достигает при пиролизе этана и пропана 60-80 % (масс.) В газообразных продуктах появляются ацетилены. При дальнейшем повышении температуры выход олефинов, проходя через максимум при 800-900 °С, начинает падать и образуется все больше водорода и ацетилена [2;3].

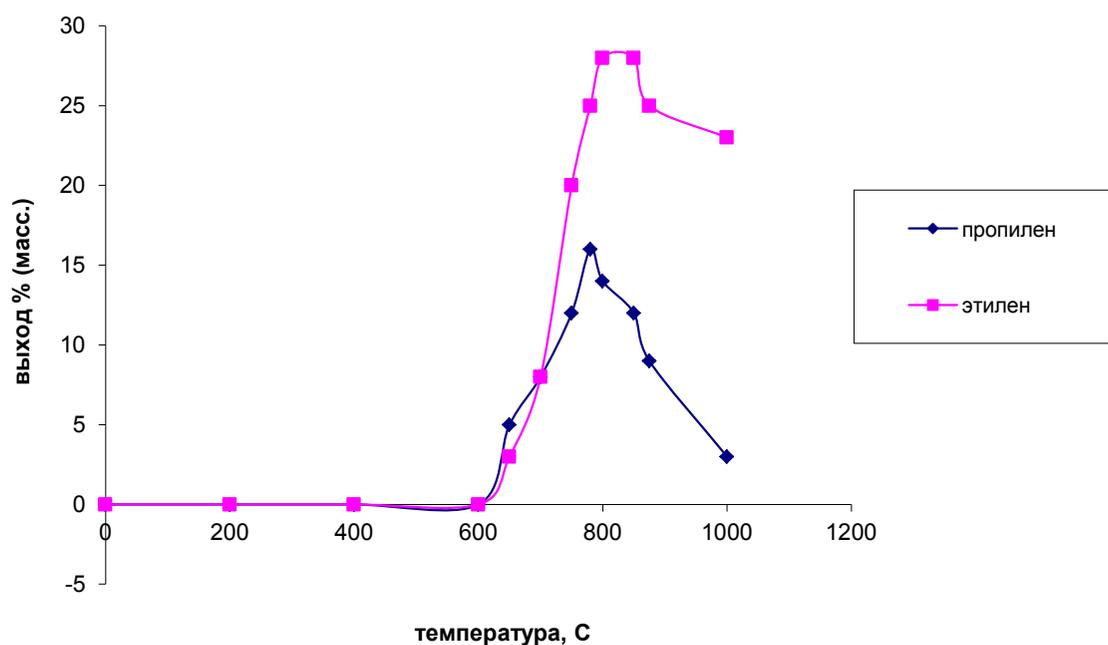


Рис. 1 Зависимость выхода этилена, пропилена при пиролизе этановой фракции от температуры (оптимальное время контакта 0,3с.)

условиях увеличения времени контакта ведет к усиленному развитию этих процессов и к снижению выхода олефинов (рис.16) [2;3].

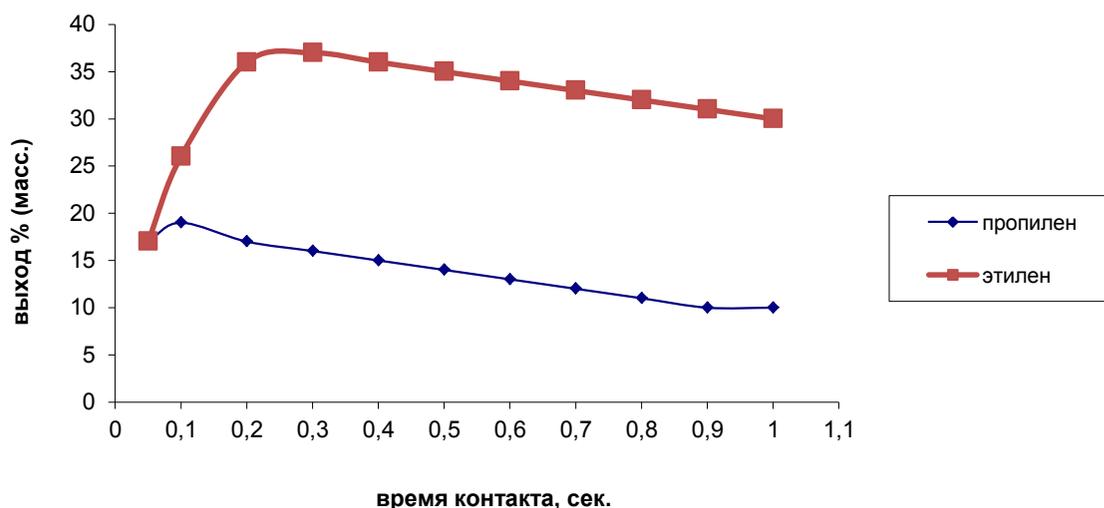


Рис.2. Зависимость выхода этилена, пропилена от времени контакта при температуре 850 °C

Оптимальное время контакта (время пребывания вещества в реакционном змеевике при таких температурах, когда реакция пиролиза протекает со значительной скоростью, в результате чего при определенной температуре получается максимальное количество продукта) для этилена составляет 0,3 секунды, для пропилена 0,1 секунды, причем с повышением температуры эта величина оптимального времени контакта уменьшается. Такое увеличение температуры с уменьшением времени контакта называют увеличением жесткости процесса. Жесткость процесса пиролиза определяется уравнем температуры его переработки и временем контакта его в области высоких температур, в которой осуществляется реакция. За меру жесткости переработки сырья при пиролизе могут приниматься некоторые показатели, характеризующие состав или свойства продукта реакции:

змеевика. При жестком режиме характерна выпуклая форма температурной кривой (рис.17). То есть нагревание по всей длине змеевика неравномерно. Нагревание максимально в трубах наименьшем диаметре (там где входящий в радиантную камеру поток делится на четыре), за счет большой удельной поверхности. Далее потоки из четырех объединяются в два скорость за счет этого увеличивается и поток успевает нагреться меньше, и объединяясь из двух в один скорость еще увеличивается, нагрев потока уменьшается [2;3].

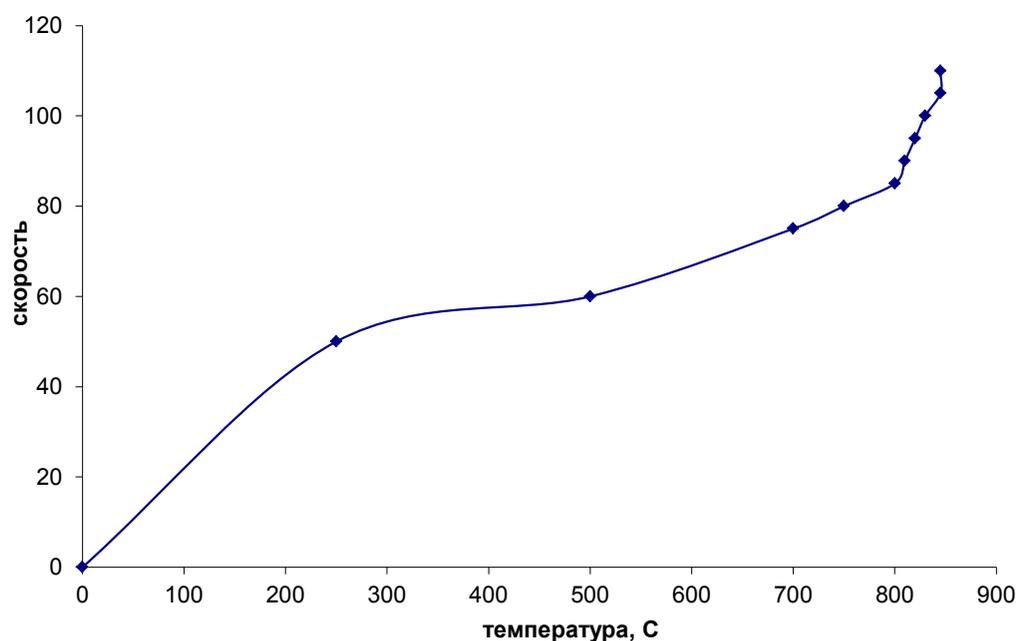


Рис. 3.ависимость скорости реакции от температуры

Примерно также влияет давление: при его уменьшении полимеризация и конденсация первичных продуктов замедляются и растет выход олефинов (рис. 18) [2;3].

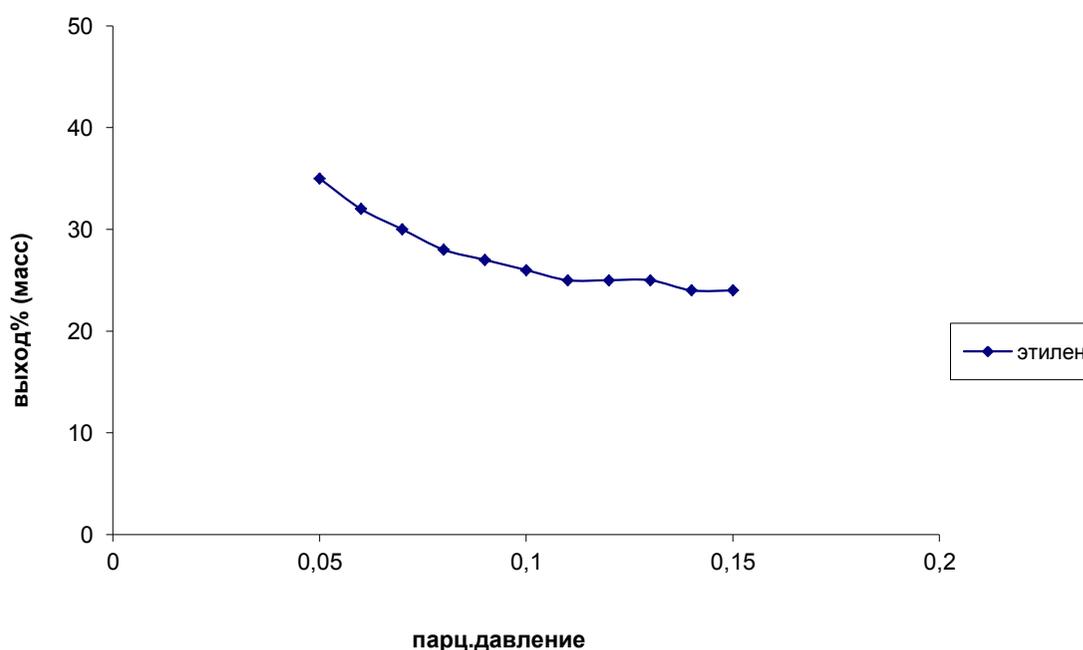


Рис. 18 Зависимость выходов этилена от парциального давления углеводородов при пиролизе этана

Этилен и другие низшие олефины образуются и результате первичных реакций, по которым степень превращения сырья не зависит от давления, однако олефины реагируют дальше, превращаясь в продукты полимеризации или конденсации по этим направлениям степень их превращения пропорциональна парциальному давлению. Важным и легко варьируемым фактором, определяющим парциальное давление углеводородов, является разбавление сырья водяным паром. Другим достоинством низкого парциального давления углеводородов является то, что с увеличением разбавления углеводородов водяным паром снижает коксообразование [2;3].

этилена представляющие из себя один агрегат. Принципиальная схема этой установки показана на рисунке 1. Данная установка рассчитана на переработку газообразного, жидкого сырья, в том числе и нефть. Теплоносителем служит кварцевый песок, который разделяют на фракции. Водяной пар используется для разбавления.

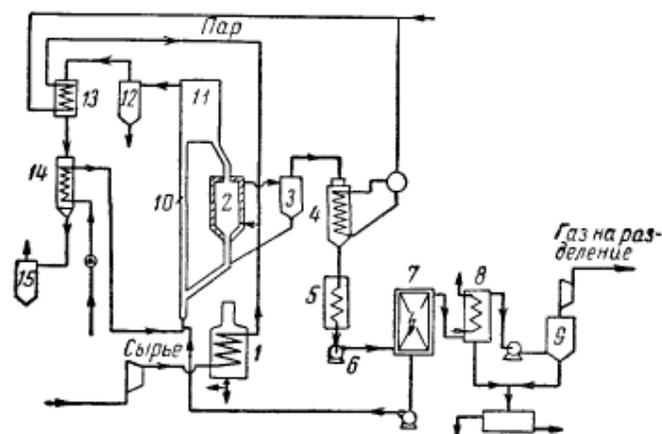


Рис. 11 – Схема установки контактного пиролиза с твердым теплоносителем во взвешенном слое [9].

1 – реактор, 2 – огневой подогреватель, 3 – котел-утилизатор, 4, 5, 6 – циклон, 7 – сепаратор, 8 – газлифт, 9, 10 – холодильник, 11 – электрофильтр, 12 – вентилятор, 13 – бункер, 14 – воздухоподогреватель, 15 – пароподогреватель.

Принцип работы установки: сырьё подогревается до 400°C и, испаряется в огневом подогревателе 2 и в смеси с перегретым водяным паром (400°C) поступает в реактор 1, во взвешенный слой песка с температурой которого равной $700 - 850^{\circ}\text{C}$ (температура зависимости от вида сырья). При взаимодействии сырья и песка, который служит теплоносителем, протекает пиролиз углеводородов. Пирогаз из реактора 1 поступает в циклон 4. Происходит отделение песка в циклоне, который выводится из реактора потоком газа. В котле-утилизаторе 3 пирогаз охлаждается, и в дальнейшем в холодильнике 9 и при помощи вентилятора 12 подается на электрофильтр 11. В свою очередь электрофильтр 11 выделяет продукты пиролиза (твердые и жидкие), которые используются в качестве топлива. Пирогаз, через сепаратор 7 и концевой холодильник 10 из электрофильтра подается на газоразделение. Во время пиролиза происходит образование кокса (из-за продолжительного

теплоносителя, а затем, минуя циклон 5, воздухоподогреватель 14, пароперегреватель 15, циклон бвыбрасывается в окружающую среду. Теплоноситель-песок постоянно выводят из процесса и направляют для регенерации [9].

2.3.4. Непрерывный пиролиз в движущемся слое твердого теплоносителя

Недостатки периодически действующего регенеративного реактора обусловили разработку аппарата, в котором непрерывно, противотоком к потоку газа, движется теплоноситель, который используют для пиролиза углеводородов и подогрева.

Эксперименты и расчеты показали, что по данной схеме есть вероятность увеличить выход целевых продуктов (этилен) при помощи значительно высокой температуры, более низкого среднего давления и меньшего времени контакта в сравнении с трубчатыми печами [9].

Рассмотрим принципиальную схему установки с твердым движущимся теплоносителем (рис.12).

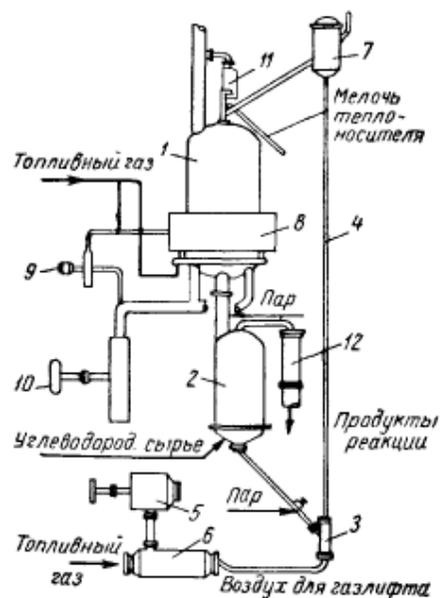


Рис. 12 – Схема установки пиролиза с движущимся твердым теплоносителем [9]:

реакторе 2, внутри которого, с температурой примерно 900 °С протекает пиролиз поднимающегося сырья при соприкосновении с опускающимся теплоносителем. Подогреватель подсоединяется к реактору, который изолируется пропускной трубкой. Теплоноситель, который охлаждается в реакторе подается через дозатор 3 и газлифт 4. Воздух в газлифт 4, через воздухоподогреватель 6, нагнетается вентилятором 5. При помощи дозатора регулируют скорость передвижения теплоносителя в системе. Теплоноситель, из газлифта, поступает в основной сепаратор 7, в котором происходит отделение пыли, а затем самотеком поступает в подогреватель. В подогревателе, в результате прямого контакта продуктов сгорания сырья, теплоноситель нагревается, в специальной круговой топке 8. Работа топки происходит под давлением до 0.35, который поддерживается вентиляторами 9, 10. В сепараторе 11 происходит отделение мелочи теплоносителя. Пары сырья, подвергающие нагреву и крекингу через круговой распределитель подаются в нижнюю часть реактора, который обеспечивает равномерность распределения сырья. Все продукты пиролиза, на выходе из реактора, поступают в закалочный первичный аппарат 12, там происходит снижение температуры до 250-400 °С. Затем продукты пирогаза охлаждаются до 50-60 °С при помощи оросительного скруббера. Чтобы предупредить смешивания продукта сгорания с пирогазом создаётся затворка с помощи подачи водяного пара. Такая же затворка создается между дозатором и реактором для того, чтобы предотвратить смешивания сырья с воздухом из газлифта [9].

В процессе сравнения реактора с движущимся теплоносителем и трубчатых печей мы видим следующее: во время пиролиза в реакторе возможно поддержание наиболее высоких температур и меньшего времени контакта, чем в трубчатых печах; и выхода целевого продукта – этилен. Даже во время небольшого перепада давления работа реактора продолжается и без рециркуляции в системе пиролиз-газоразделение [9].

Но с другой стороны, реактор требует больших капитальных затрат, расход технологического пара больше, и необходимость в периодической очистке системы от кокса, эксплуатационные расходы увеличиваются из-за износа твердого теплоносителя [9].

реакционной зоне пиролиза, быстро и относительно полно смешивается с превращаемым сырьем, при этом проходит их гомогенная конверсии (пиролиз) (рисунок 3) [8].

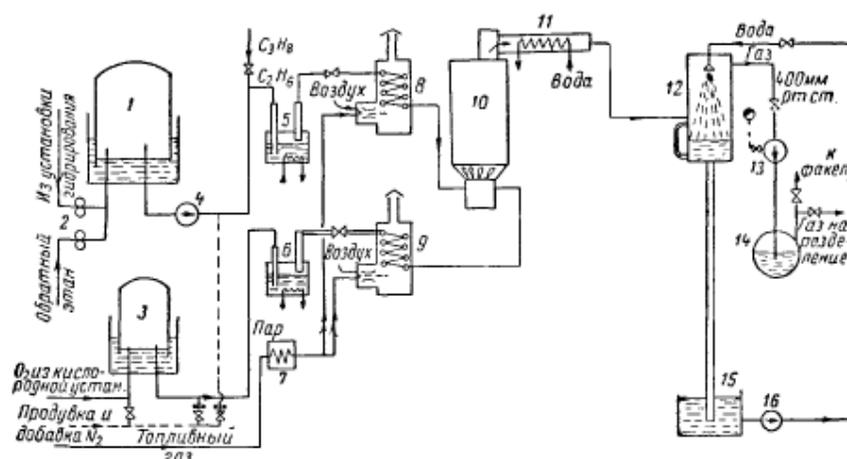


Рис. 13 – Схема установки окислительного пиролиза этана: 1 – газгольдер для этана; 2 – ротационные счетчики; 3 – газгольдер для кислорода; 4 – вакуумный насос для этана, 5 – компрессор; 7 – отстойник; 8 – подогреватель; 9 – огневого подогреватель кислорода; 10- реактор; 11 - закалочный теплообменник; 12 – скруббер; 13– вакуумный насос; 14 – отделитель жидкости; 15– емкость для жидкости; 16– циркуляционный насос [9].

Данная установка включает в себя огневого подогреватель этана 8, огневого подогреватель кислорода 9, реактор 10, закалочный теплообменник 11, скруббер 12, вакуум-насос 13, трубопровод, систему автоматики и КИП. Продукт (этан), подающий от установки разделений газа гидрирования (1 – 2 % объемных углеводородов C_3 и высших, 93 – 95% объемных C_2H_6 , 1 – 3 % объемных CH_4), через ротационный счетчик 2, направляется в этановый газгольдер 1, туда же поступает обратный поток этана из установки разделения газа пиролиза. Этан с давлением 160 мм рт.ст. направляется в вентилятор 4, где происходит его сжатие до давления 150 ммрт.ст., а потом поступает в реактор 10. Реактор включает в себя смесительную камеру, распределительное устройство, который имеет вид керамической насадки, и цилиндрическую реакционную часть. Смесь, проходит снизу вверх через распределительное устройство, затем направляется в цилиндрическую часть, которая заполнена фарфоровыми шарами, диаметр которых составляет сорок миллиметров. Этан, при абсолютном

Температуру газа, за смесительной камерой, повышают от 600 до 850 °С, в том случае если процесс протекает благоприятно, затем после выхода из реактора снижают до 800 °С. Пирогаз, нагретый до 800°С, подают в теплообменник для закалки 4. Затем пирогаз выходит из закалочного теплообменника с температурой 400 °С, а затем происходит его охлаждение до 40 °С при помощи скруббера. Пирогаз, после оросительного холодильника, поступает в вакуум-насос 6, необходимо это для того чтобы создать и поддержать в системе пиролиза абсолютного давления равное 410 ммрт.ст. в системе пиролиза [9].

2.4.Выбор и обоснование конструкции основного аппарата

2.4.1. Термодинамика пиролиза углеводородов

Термическое разложение углеводородов представляет собой сложный процесс, который можно представить как ряд протекающих последовательно и параллельно химических реакций с образованием большого числа продуктов. Энергетические характеристики реакций, выражаемые термодинамическими соотношениями, определяют направление и максимальную равновесную степень превращения по ним исходных веществ.

Равновесную степень превращения по химической реакции можно вычислить из уравнения зависимости константы равновесия Кр от изменения стандартной энергии Гиббса (свободной энергии, G°):

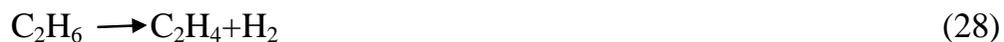
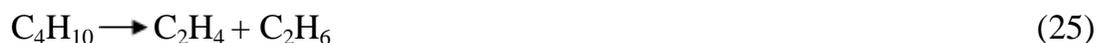
$$\ln Kp = - \frac{\Delta G^0}{R \times T} \quad (22)$$

Степень превращения исходных веществ по реакции является однозначной функцией константы равновесия Кр, аналитическое выражение которой определяется стехиометрией реакции.

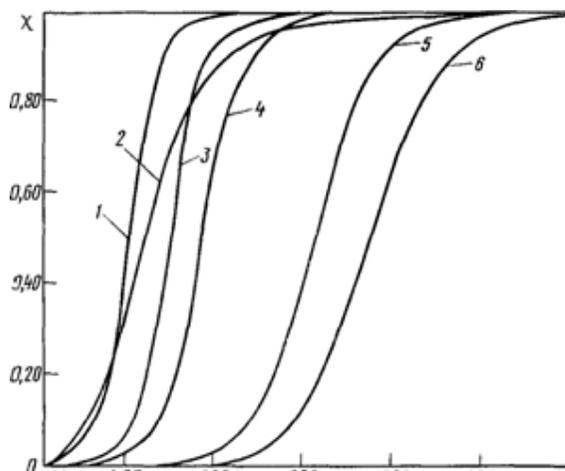
В результате термического разложения углеводородов получают различные продукты и в

Так, при описании пиролиза этана молекулярными реакциями основной является реакция дегидрирования с образованием этилена. При пиролизе пропана наряду с дегидрированием пропилена происходит расщепление до этилена и метана

Аналогично реакциям дегидрирования и расщепления по двум направлениям можно представить разложение н-бутана. Алканы $C_2 - C_4$ разлагаются согласно молекулярным реакциям:



Реакции расщепления углеводородов находятся в прямой зависимости от длины углеводородной цепи, чем больше атомов углерода в молекуле исходного вещества, тем тем при более низкой температуре происходит его равновесное расщепление.



Одной из реакций пиролиза алканов является разложение их на углерод и водород. С повышением температуры равновесная степень разложения алканов и олефинов по этой реакции возрастает, а ацетилена падает. Поэтому при температуре 1400° ацетилен становится термодинамически более стойким, чем этилен. Стабильность углеводородов к разложению по этому направлению уменьшается с увеличением числа атомов углерода в молекуле. Практически в условиях пиролиза, т.е. при малом времени пребывания сырья в зоне реакции, распад алканов и олефинов на углерод и водород, несмотря на его большую равновесную вероятность, осуществляется из-за кинетических ограничений в небольшой степени.

Важнейший параметр процесса – температура – определяет степень превращения исходных веществ по реакциям, протекающим при пиролизе, так и распределение продуктов пиролиза. С увеличением температуры в результате первичной реакции повышаются выходы низших олефинов, метана и водорода и снижается выход алканов.

В условиях обычного пиролиза, когда глубина разложения исходных веществ достаточно глубока, с определенной глубиной протекают и вторичные реакции, например разложение олефинов и диолефинов, образующихся в первой стадии, реакции присоединения и т.д. Хотя скорость вторичных превращений в меньшей степени зависит от температуры, чем первичные, однако такая зависимость существует и характеризуется величинами энергии активации соответствующих реакций. Поэтому выходы продуктов реакций пиролиза углеводородов при различных температурах определяются не только зависимостью глубины превращения исходного вещества от температуры. Характер температурной зависимости выходов продуктов обычно более сложен и, как правило, устанавливается для различных видов сырья экспериментально.

Другим важным параметром пиролиза является время пребывания пиролизуемых веществ в зоне реакции, называемое иногда временем контакта. Под временем пребывания понимают промежуток времени, в течении которого поток реагирующего вещества находится в реакционном

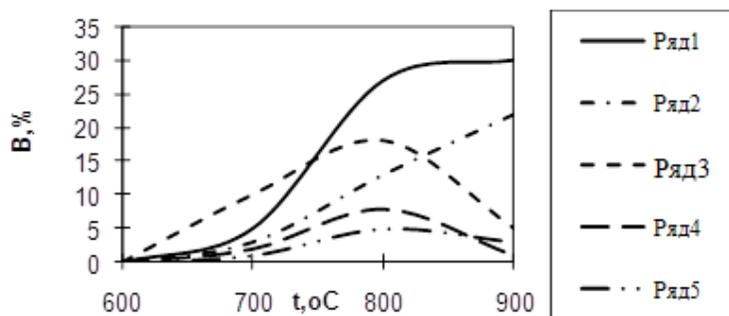


Рис. 20 - Зависимость выходов В продуктов пиролиза прямогонного бензина в зотермическом реакторе от температуры t:

- 1- C_2H_4 ;
- 2- CH_4 ;
- 3 - C_3H_6 ;
- 4 - C_4H_8 ;
- 5 - C_4H_6

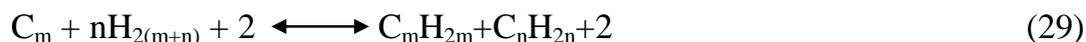
Скорость первичных реакций, в ходе которых образуются олефины, возрастает с увеличением температуры в большей степени – чем скорость вторичных. Для каждого из промежуточных факторов – низших олефинов – существует оптимальное, зависящее от температуры, время пребывания реагента, причем с повышением температуры величина оптимального времени пребывания уменьшается.

Таким образом, увеличение температуры пиролиза с одновременным соответствующим сокращением времени пребывания способствует достижению более высоких выходов целевых продуктов, в том числе этилена.

Для углеводородов C_6 , при низкой температуре термодинамическая стабильность углеводородов разных классов при одинаковом числе углеводородных атомов в молекуле понижается:

Ароматические > Олефины > Нафтены > Парафины

Таким образом, при термическом воздействии на нефтепродукты следует ожидать изменения группового состава углеводородов. Процесс расщепления парафина может происходить с образованием молекул олефинов и парафина с более короткой цепью углеродных атомов, причем обратный процесс представляет собой алкилирование парафина олефинов:



Примерно до 600К изменение энергии Гиббса (dG_0) больше нуля, и, следовательно, расщепление парафинов термодинамически невозможно, а может происходить лишь алкилирование. При более высокой температуре положение меняется на обратное, причем при 800К и выше расщепление является уже практически необратимым процессом [3].

Для олефинов склонность к расщеплению проявляется при более высокой температуре, чем для парафинов. В системе обратимых реакций пиролиза олефина и его димеризации (полимеризации)



перемена знака в изменении dG_0 для низших олефинов происходит только при 750-800К. Это указывает на термодинамическую возможность их полимеризации при термическом и каталитическом пиролизе, но с преобладанием расщепления при более высоких температурах.

Известные законы термодинамики позволяют оценить роль давления при термическом расщеплении нефтепродуктов. Повышение давления способствует смещению равновесия в сторону полимеризации олефинов и алкилирования парафинов, поскольку данные реакции протекают с уменьшением объема. В связи с этим высокое давление препятствует глубокому расщеплению сырья и снижает образование углеводородов и особенно олефинов. Очевидно, понижение давления и повышения температуры должны действовать в обратном направлении.

Рассчитывая константы скорости элементарных реакций используют уравнение Аррениуса, в которой предэкспонент A и энергия активации E являются постоянными в определенном диапазоне температур. Производится оценка и расчет констант скоростей по термодинамическим данным, вопреки большому количеству элементарных реакций[3].

При пиролизе углеводородов все реакции являются обратимыми. При использовании принципа детального равновесия к элементарным реакциям и применяя кинетические параметры прямой реакции, можно определить их и для обратной реакции

$$K_p = k_{пр}/k_{об}, \quad (31) [3]$$

$$K_p = \exp[\Delta H_T/(RT)] \times \exp(\Delta S_T/R), \quad (32) [3]$$

где K_p - константа равновесия; $k_{пр}$, $k_{об}$ – константы скорости прямой и обратной реакций соответственно; ΔH_T , ΔS_T – изменение энтальпии и энтропии при температуре, T ; T – температура, К; R – газовая постоянная, равная 8,314 Дж/(моль·К) [3].

С другой стороны, из уравнения Аррениуса для $k_{пр}$, $k_{об}$

$$K_p = \frac{A_{пр}}{A_{об}} \exp[-(E_{пр} - E_{об})/(RT)], \quad (33) [3]$$

где $A_{пр}$, $A_{об}$ - предэкспоненты прямой и обратной реакции, s^{-1} [или $см^3/(моль \cdot ^\circ C)$]; $E_{пр}$, $E_{об}$ - энергия активации прямой и обратной реакции, Дж/моль.

Из уравнений

$$A_{пр}/A_{об} = \exp(\Delta S_T/R); E_{пр} - E_{об} = \Delta H_T \quad (34)[3]$$

$$\Delta H_T = \Delta H_o + \int_{T_o}^T \Delta C_p dT, \Delta S_T = \Delta S_o + \int_{T_o}^T \Delta C_p / T dT, \quad (35) [3]$$

где $\Delta H_o, \Delta S_o$ - изменение энтальпии и энтропии при стандартной температуре (293,16 К); ΔC_p - изменение теплоемкости, Дж/(моль·К).

Хотя теплоемкости веществ сильно зависят от температуры и могут иметь большую величину, ΔC_p для реакции слабо зависит от температуры и численное значение ее не велико. Тогда

$$\Delta H_T = \Delta H_o + \Delta C_{pср}(T - T_o), \Delta S_T = \Delta S_o + \Delta C_{pср} \ln T / T_o, \quad (36) [3]$$

где $\Delta C_{pср}$ - изменение средней теплоемкости, Дж/(моль·К).

Как правило, в таблицах даны численные значения термодинамических величин, отнесенные к стандартному состоянию идеального газа при 298 К и 0,101 МПа. При переходе к единицам концентрации в моль/л величины ΔH_T и ΔS_T изменяется для реакций, идущих с изменением числа молей, соответственно уравнениям:

$$\Delta H_{Tc} = \Delta H_{Tp} - \Delta nRT, \quad (37)[3]$$

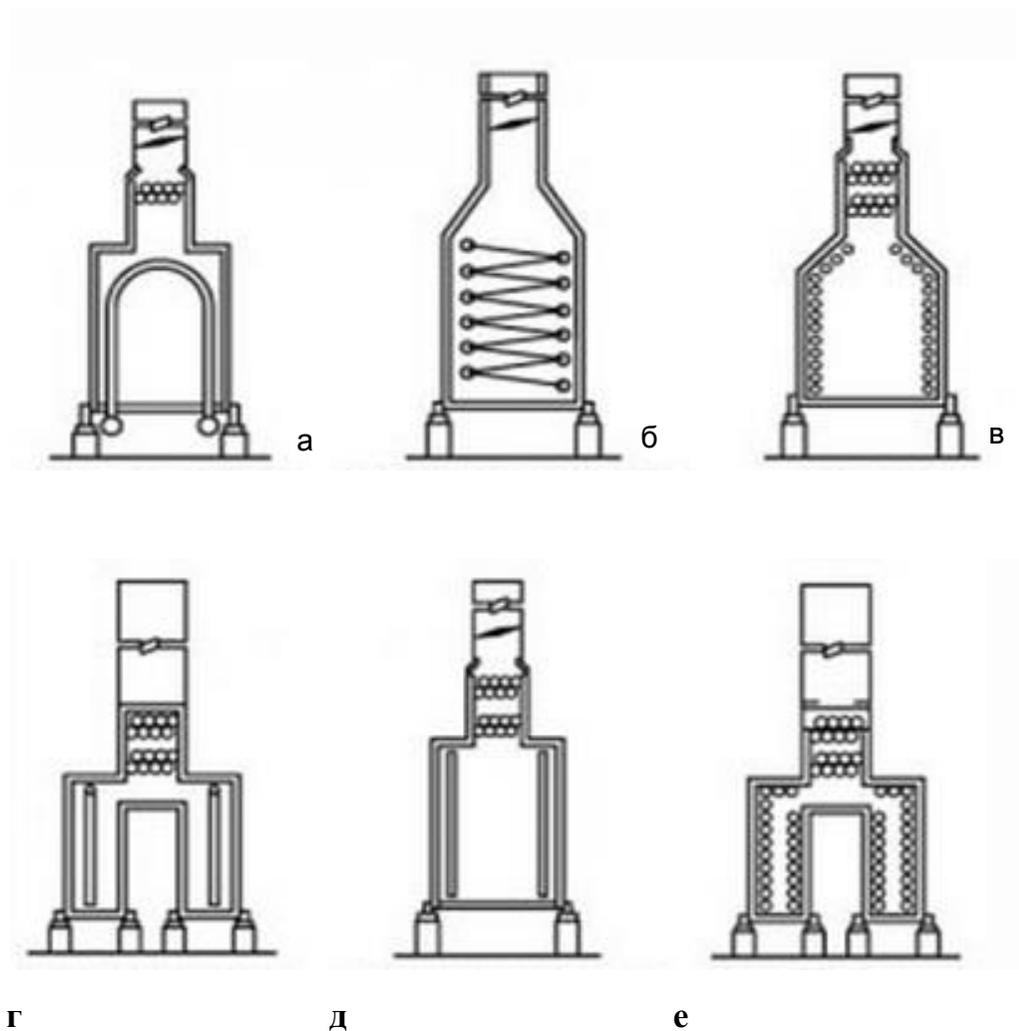
$$\Delta S_{Tc} = \Delta S_{Tp} - \Delta nR(1 + \ln RT), \quad (38)[3]$$

где Δn – изменение числа молей; с – при стандартном состоянии для идеального газа 1 моль/л; р- при стандартном состоянии (для идеального газа при 0,101 МПа); R – газовая постоянная, равная 8,314 Дж/(К·моль), а под знаком логарифма -0,082 л·атм/(К·моль).

Реакции рекомбинации радикалов идут практически без энергии активации. Поэтому обратные реакции распада углеводородов должны иметь энергию активации, весьма близкую к прочности разрываемой связи [3].

2.5. Конструктивные типы аппаратов

2.5.1. Типы нагревателей



На рис. 1 представлены несколько типов нагревателей:

а- коробчатый нагреватель с арочным змеевиком;

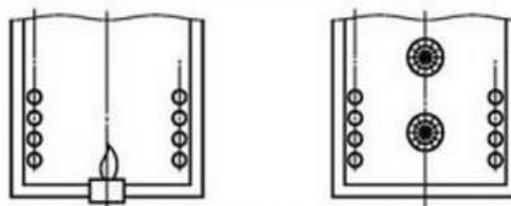
б- цилиндрический нагреватель со спиральным змеевиком;

в- нагреватель с горизонтальным змеевиком;

г- коробчатый нагреватель с вертикальным змеевиком;

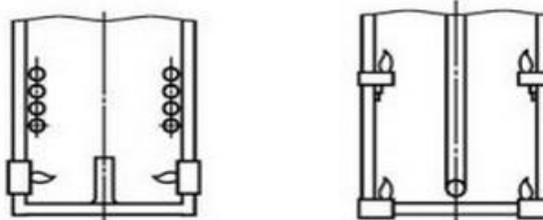
д- цилиндрический нагреватель с вертикальным змеевиком;

е- коробчатый нагреватель с горизонтальным змеевиком;



а

б



в

г

На рис. 2 представлены способы размещения горелок:

- а- подовое расположение горелок;
- б- торцевое расположение горелок;
- в- расположение горелок по боковым стенкам;
- г- многоярусное расположение горелок по боковым стенкам.

2.5.2. Трубчатая печь градиентного типа

Вместо устаревших печей малой производительности (4-6 тыс. т этилена в год) теперь применяют более мощные агрегаты, отличающиеся высоким теплонапряжением, жестким режимом работы и малым временем пребывания сырья. В старых печах пиролиз проводится при температуре 700 - 750°C, что не позволяло достичь высокого выхода наиболее ценного продукта– этилена. Сейчас процесс пиролиза осуществляют в “этиленовом режиме”, т.е. при 850 – 870 °С. [2]

Схема
пиролиза

одной из современных трубчатых печей
представлена на рис.(3).

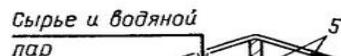


Рис 3 Схема печи пиролиза [2]

1 – корпус; 2 – панельные горелки; 3 – радиантные камеры; 4 – вертикальные трубы; 5 – конвекционная камера.

Из других усовершенствований следует отметить применение панельных беспламенных горелок, вертикальное расположение труб, их двусторонний обогрев, блокирование в одном корпусе нескольких топочных камер большого размера, градиентный способ обогрева, при котором на каждом участке труб создается оптимальная температура, соответствующая протекающей в данном месте стадии пиролиза. Все это позволило увеличить мощность трубчатой печи до 50 и более тыс. т этилена в год и создать установки по производству олефинов мощностью 300 – 450 тыс. т этилена в год [2].

Схема вертикального змеевика печи пиролиза изображена на рис.5.

Змеевик печи пиролиза, является современным печным агрегатом для пиролиза нефтяных фракций на крупных установках производительностью 300 тыс.т этилена в год [5].

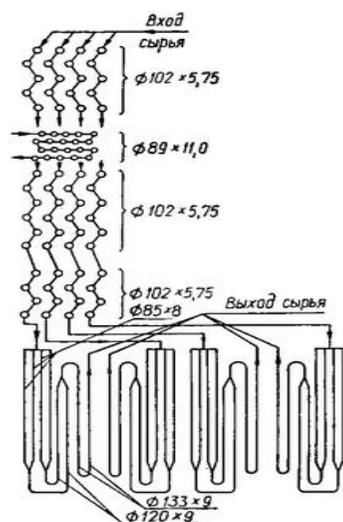


Рис. 4 Схема вертикального змеевика пиролиза

2.5.2.Регенеративная печь

На рис. 5 изображена принципиальная схема периодического регенеративного реактора Копперс-Хаше; там же приведено примерное распределение температур воздуха, продуктов сгорания и газов пиролиза и насадки в начале и конце каждого периода.

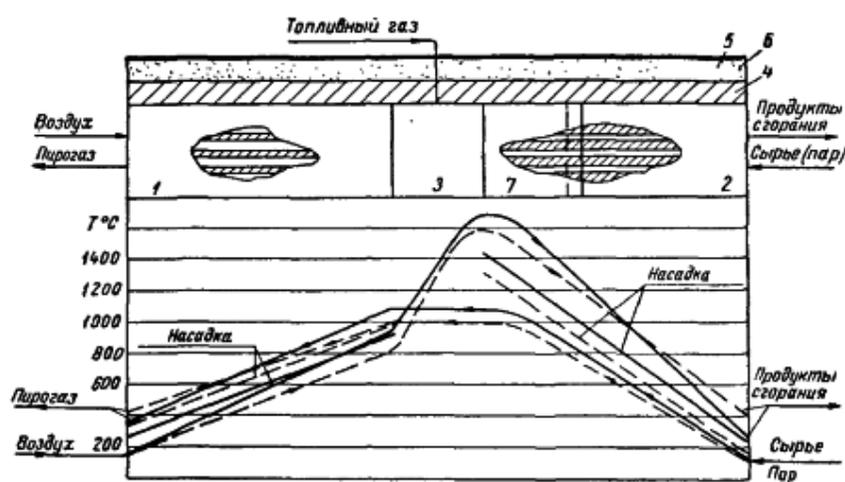


Рис.5 Схема реактора регенеративного типа и распределение температур [4]: 1,2 – регенераторы; 3 – камера сгорания; 4 – огнеупор; 5 – стальной кожух; 6 – изоляция; 7 – реакционная зона

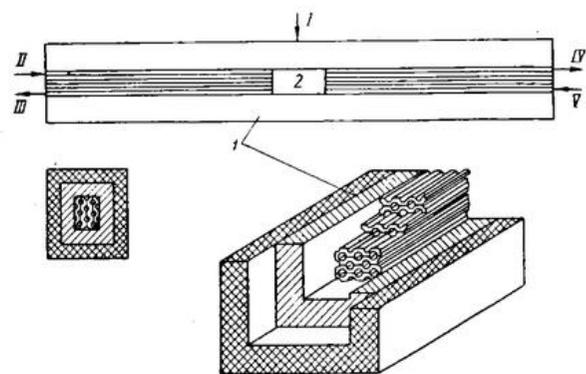


Рис.6 Внутренняя часть регенеративной печи

Внутренняя часть печи представляет собой насадку специального профиля, уложенную таким образом, что в ней имеются каналы для движения газов. В центре указанной насадки находится камера горения газообразного топлива.

2.5.3. Реактор гомогенного пиролиза

Фирма Истмен-Кодак на опытной установке провела пиролиз пропана на этилен и ацетилен. Опытные реактора работали вполне удовлетворительно.

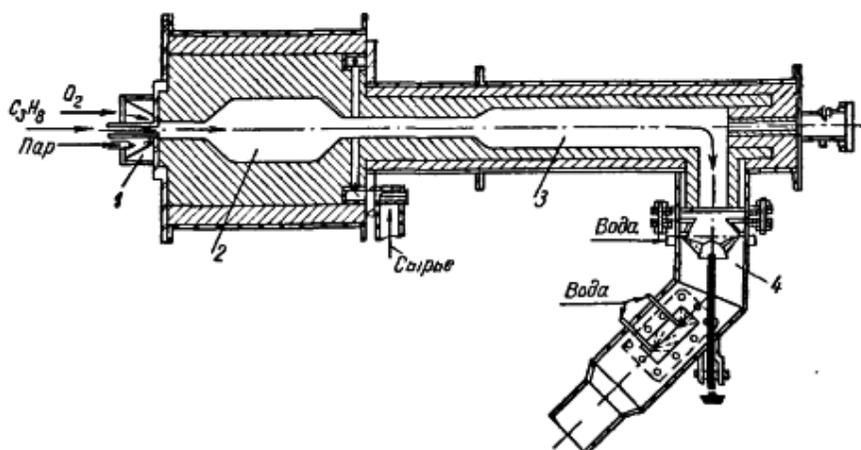


Рис.7 Конструкция реактора установки гомогенного пиролиза

1 – газогорелочное устройство; 2 - топочная камера; 3 – смеситель-реактор; 4 – закалочное устройство

Состав продуктов пиролиза можно регулировать в широких пределах, изменяя температуру и количество газообразных продуктов, поступающих из топочных из топочной камеры реактора, и углеводородного сырья, подаваемого на пиролиз[4].

2.6. Технологическое оформление процесса

Этилен является одним из основных химических продуктов. Он используется в качестве сырья для производства пластмасс, волокон и других продуктов органической химии, потребляемых в упаковочной и строительной промышленности, на транспорте и т. д. Спрос на этилен тесно связан с экономическими циклами. В 2003 году производство этилена в мире составляло 90,4 млн. тонн, стоимость оценивалась в 60 млрд. долларов. Средний годовой рост производства этилена с 1997 года

шт. Техас и компании SADAФ в городе AlJubail, Саудовская Аравия. Крупнейшим в мире заводом этилена с одной установкой является СП компаний NOVA и UnionCarbide (ныне Dow) мощностью 1,3 млн. тонн и стоимостью 750 млн. долларов. Причиной строительства столь больших предприятий является экономическая выгода, которую дает крупномасштабное производство за счет снижения капитальных и производственных затрат на фунт этилена. По состоянию на январь 2007 года мировые этиленовые мощности составляли 110 млн. тонн в год. Наиболее быстро растущими регионами являются Ближний Восток (10 – 12 % в год), Азия (исключая Японию) и Южная Америка (6 – 8 % в год каждый). Рост мировых мощностей дает среднегодовой прирост производства этилена в 4-5%.

Структура сырья для пиролиза характеризуется разнообразием. Пиролизу в тех или иных количествах подвергают этан, пропан, бутан, бензин и газойли. В результате термического разложения этого сырья получают продукты с различными выходами. При выборе сырья пиролиза учитывают соотношение потребностей в получаемых продуктах, но важнейшим фактором, формирующим сырьевую базу, остаётся доступность тех или иных фракций переработки нефти и газа.

В нефтеперерабатывающей промышленности России длительное время преобладал топливно-масляный вариант переработки нефти, при котором фракции прямогонного бензина по балансу нефтепродуктов оказывались в относительном избытке и передавались в нефтехимию для производства этилена [3]. На данный момент выбор сырья осуществляется в направлении более 'легкого' (этановой, пропан-бутановой). Это происходит, из-за довольно высокой энергоёмкости производства пиролиза (около 40% от себестоимости этилена). Так, если общий расход энергии на 1 тонну этилена при пиролизе этана составляет 1,03 тонны условного топлива, то при пиролизе бензина этот показатель составляет 1,21 тонны условного топлива. Также растёт расход электроэнергии и охлаждающей воды. С другой стороны по мере «утяжеления сырья» снижается расход пара высокого давления: при пиролизе этана составляет 120 т/ч, при пиролизе бензина 70 т/ч.

Выход этилена выше при пиролизе этановой фракции (81%), при пиролизе бензина выход

Теплонапряженность поверхности нагрева характеризует, насколько эффективно передается тепло через поверхность нагрева всей печи или отдельных ее частей. Чем выше средняя теплонапряженность поверхности нагрева всей печи, тем меньше размеры печи, обеспечивающей передачу заданного количества тепла и, следовательно, тем меньше затраты на ее сооружение. Однако чрезмерно высокая теплонапряженность поверхности нагрева может нарушить нормальную работу печи и привести к прогару труб.

Теплонапряженность топочного пространства характеризует эффективность использования объема топки (40-80 кВт/м³).

Коэффициента полезного действия печи есть величина, характеризующая полезно используемую часть тепла, выделенную при сгорании топлива.

Высокие температуры в радиантной камере 830-900 °С требуют применение тепловой изоляции, что является серьезным технико-экономическим фактором по повышению коэффициента полезного действия, производительности, снижению расхода топлива. Положительный эффект при изоляции достигается лишь в тех случаях, когда выбраны качественные изоляционные материалы, установлена соответствующая толщина изоляции и правильно выполнен монтаж изоляции. В противном случае возможно быстрое разрушение изоляционной конструкции и огнеупорной кладки.

Тепловая изоляция, кроме экономии тепла и увеличении производительности труда, уменьшает фильтрацию холодного воздуха из атмосферы во внутреннюю полость печи и горячих газов из печи в атмосферу, а также снижает температурный градиент в кладки. Это уменьшает напряжение в кладки и повышает ее стойкость[1].

2.6.1. Технологический состав производстваЭП – 300

Производство ЭП-300 входит в состав Производства мономеров ООО «Томскнефтехим», которое в свою очередь включает в себя:

- установка - разделение пирогаза (402);
- установка-оборотное водоснабжение (403);
- установка - ректификация ароматических углеводородов (404);
- установка - подготовка жидких продуктов пиролиза углеводородов нефти (405);
- установка - подготовка сжиженного газа пиролиза углеводородов нефти (406);
- установка - непредельных углеводородов;
- ремонтно-механические мастерская (РММ) [8].

2.6.2. Описание принципиальной схемы пиролиза в трубчатой печи

В наше время промышленный пиролиз, за редким исключением, проводят исключительно в трубчатых печах. Этот метод имеет много значимых преимуществ: он хорошо изучен, простота технологического и аппаратного оформления, а также надежность; простота управления и регулирования процессом. Основные аппараты пиролизной установки:

1) печь пиролиза - трубчатая, состоит из радиантной и конвекционной камеры; 2) закалочно-испарительный аппарат, применяется для быстрого охлаждения; 3) несколько аппаратов ряда промывных колонн, в них происходит дальнейшее охлаждение продуктов, происходит разделение тяжелой части продукта от газообразной части, поступает на компримирование и затем на газоразделение. [10]

Технологическая схема одной из установок пиролиза изображена на рис.14

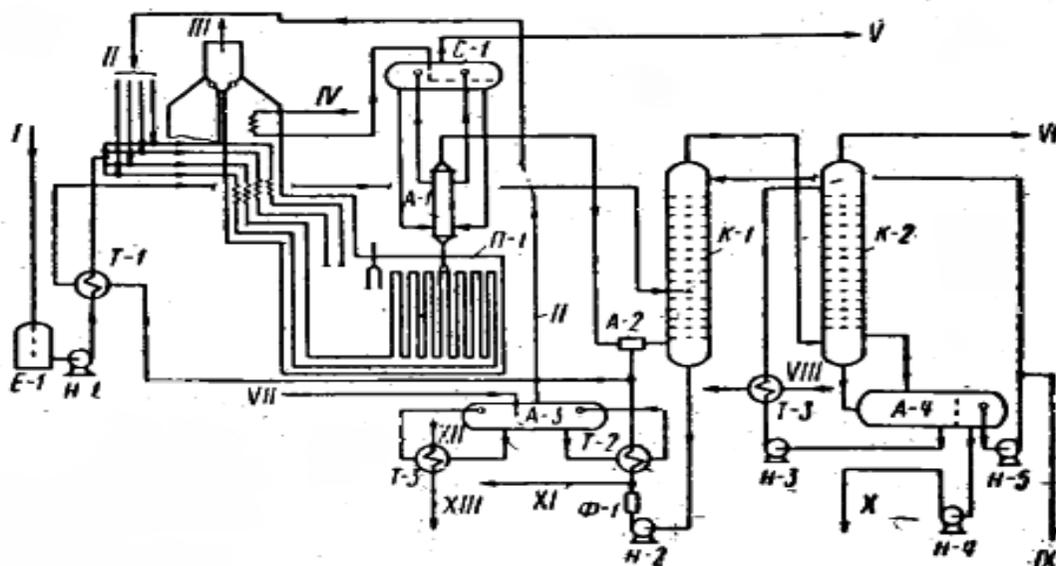


Рис.14 Технологическая схема пиролиза бензина [10] E-1 – емкость; H-1 – H-5 – насосы; T-1 – T-3 – теплообменники; П-1 – печь; А-1 – закально-испарительный аппарат; А-2 – аппарат дозакалки; А-3 – испаритель; А-4 – отстойник; С-1 – сепаратор; К-1 – колонна первичного фракционирования; К-2 – колонна водной промывки; Ф-1 – фильтр;

I – бензин со склада; II – пар-разбавитель; III – дымовые газы; IV – питательная вода; V – пар высокого давления; VI – пирогаз на компримирование; VII – паровой конденсат; VIII – вода на охлаждение; IX – пироконденсат с установки; X – вода в канализацию; XI – масло с установки; XII – пар; XIII – конденсат [10].

Кратко процесс пиролиза в печи можно описать следующим образом: в змеевиках конвекционной камеры сырье испаряется, смешивается с водяным паром и подогревается до температуры реакции, после чего поступает в пиролизный (реакционный) змеевик, расположенный в радиантной камере. В этом змеевике при подводе тепла происходит пиролиз с образованием целевых олефинов. На выходе из печи газ пиролиза с температурой $850 - 870^{\circ}\text{C}$ для предотвращения вторичных реакций разложения полученных олефинов охлаждается в узле закального охлаждения – закально-испарительный аппарат (ЗИА) до $350 - 400^{\circ}\text{C}$ [1].

2.6.3. Описание технологического процесса

Блок печей отделения пиролиза состоит из 8 печей пиролиза бензина (F11-F14, F16 - F19) и две пиролиза этана (F21,F22), и одна печь в резерве (F15). При максимальной производительности одновременно должны находиться в работе шесть печей пиролиза бензина, остальные печи пиролиза - в резерве, так как печи пиролиза необходимо периодически выводить на регенерацию - выжиг кокса, чистка закалочно-испарительных аппаратов.

Две печи пиролиза конструктивно объединены в одном металлическом каркасе.

Печь пиролиза F11 включает в себя камеру конвекции, камеру радиации и дымоход.

Камера конвекции печи пиролиза F11 предназначена для испарения сырья, подогрева паросырьевой смеси и питательной воды, а также перегрева пара высокого давления за счет использования тепла дымовых газов и состоит из 6 секций:

- 1-ая секция - нагрев сырья в четырехпоточных змеевиках;
- 2-ая секция - верхний нагрев питательной воды в однопоточном змеевике;
- 3-ая секция - перегреватель пара высокого давления, состоящий из двухпоточных змеевиков;
- 4-ая секция - нижний нагрев питательной воды в однопоточном змеевике;
- 5-ая секция - верхний нагрев паросырьевой смеси в четырехпоточных змеевиках;
- 6-ая секция - нижней нагрев паросырьевой смеси в четырехпоточных змеевиках.

Змеевики 2-ой и 4-ой секций составляют экономайзер (ЭКО) печи пиролиза F11, служащий для подогрева питательной воды.

Камера радиации предназначена для проведения процесса пиролиза в трубчатых змеевиках и оборудована 150 панельными горелками типа НТ-230 мощностью 282 KW (по 70 штук с внутренней и 80 штук с внешней сторон печи), позволяющими вести двусторонний нагрев радиантных секций.

змеевиков на выходе из печи пиролиза F11 объединяются в один поток. Таким образом из печи пиролиза F11 выходит два потока пирогаза.

Бензин соответственно с установок 405 и 406, предварительно подогретый до температуры (30-100) °С поз. TRC-2-2 в теплообменнике Т-2/1,2 (тит.402), и (или) ПБФ, предварительно подогретая в теплообменнике Т-2/3 (тит.402) до температуры (10-40) °С поз. TR-2-10, направляются в распределительные коллектора бензина и ПБФ, соответственно, печей пиролиза с давлением (0.9-1.2)МПа [(9-12) кгс/см²] поз.11PRA 25.

Предусмотрены:

- сигнализация понижения давления сырья до 0.6 МПа (6.0 кгс/см²) поз.11PRA 25;
- блокировка при снижении давления сырья до 0.35 МПа (3.5 кгс/см²) поз.11PZA 47 на печь, с задержкой 10 с, при этом:
 - а) закрывается электрозадвижка поз.11M3 на трубопроводе топливного газа на горелки печи пиролиза F11;
 - б) закрывается электрозадвижка поз.11M6 на трубопроводе бензина на печь пиролиза F11;
 - в) сигнализация понижения давления сырья;
 - г) сигнализация отключения печи;
 - д) запоминание первопричины аварии.

Сырье в печь пиролиза F11 поступает четырьмя потоками "А", "В", "С" и "D" в I-ю секцию камеры конвекции. Расход сырья на каждый поток (3500-5000) кг/ч и регулируется регулирующими клапанами поз.11FRC 03A,B,C,D. По потокам "А", "В", "D" осуществляется регулировка расхода сырья в зависимости от температуры пирогаза перед закалочно-испарительными аппаратами (далее по тексту - ЗИА) E-11A,B (780-850) °С, поз.11TRCA 61A,B,D. Поток "С" считается "пилотным" и

Для снижения парциального давления сырья в него подается пар разбавления, вырабатываемый в узле очистки пирогаза и выработки пара П8 и пара П4. Пар П8 подается в каждый поток сырья после 1-ой секции камеры конвекции печи пиролиза F11 через распределительный коллектор пара П8. Давление пара П8 (0.60-1.32) МПа [(6.0-13.2) кгс/см²] поз.11PRA 21. Расход пара П8 на поток (2100-3500) кг/ч регулируется регулирующими клапанами регуляторов расхода поз.11FRC 01A,B,C,D.

Предусмотрены:

- контроль температуры пара П8 на входе на узел печей пиролиза (160-250) °С поз.TR 59;
- контроль давления пара П8 на входе на узел печей пиролиза (0.6-1.32) МПа [(6-13.2) кгс/см²] поз.PR 52;
- сигнализация понижения давления пара П8 на входе в печь пиролиза F11 до 0.55 МПа (до 5.5 кгс/см²) поз.11PRA 21;
- блокировка понижения давления пара П8 на входе в печь пиролиза F11 до 0.35 МПа (до 3.5 кгс/см²) поз.11PZA 45 с задержкой 10 с, при этом:
 - а) закрытие эл.задвижки поз.11M3 на трубопроводе топливного газа на горелки;
 - б) закрытие эл.задвижки поз.11M6 на трубопроводе бензине (ПБФ) на печь пиролиза F11;
 - в) сигнализация понижения давления пара П8 на входе в печь пиролиза F11;
 - г) сигнализация отключения печи;
 - д) запоминание первопричины аварии.

Далее паро-сырьевая смесь с температурой (100-300) °С поз.11TI 75A,B,C,D, поступает в 5 и 6 секции камеры конвекции, где нагревается до температуры (400-570)°С поз.11TI 63A,B,C,D, а затем направляется в камеру радиации печи.

В камере радиации происходит процесс пиролиза в трубчатых змеевиках.

температуры (320-450) °С поз. TRA 69A,B за счет испарения питательной воды в межтрубном пространстве ЗИА E-11A,B. Быстрое охлаждение пирогаза необходимо для прекращения вторичных реакций, ведущих к потере выхода целевых компонентов.

Предусмотрены:

- сигнализация повышения давления пирогаза перед ЗИА E-11A,B до 0.17 МПа (до 1.7 кгс/см²) поз. 11PRA 35A,B;
- сигнализация повышения температуры пирогаза на выходе из змеевиков печи пиролиза F11 до 860 °С поз. 11TIRCA 61A,B,C,D;
- сигнализация повышения температуры пирогаза после ЗИА E-11A,B до 450 °С поз. TRA 69A,B.

После ЗИА E-11A,B пирогаз одним потоком через арматуры с ручным приводом поступает в коллектор пирогаза, откуда направляется на охлаждение в смеситель N-01.

Для проведения совместного пиролиза ПБФ и бензина, с целью увеличения степени превращения легких углеводородных алканов ПБФ и выхода низших олефинов, на печи пиролиза F16 предусмотрена дозировка бензина в сырьевые потоки с использованием части оборудования печи F15.

Бензин из коллектора бензина печей пиролиза с давлением (9-12) кгс/см² поз. 15PRA-25 через ручную отсекающую арматуру, эл. задвижку поз. 15M6 и регулирующие клапаны поз. 15FRC 03A,B,C,D четырьмя потоками, в количестве не более 0.5 т/ч на поток, подается соответственно в четыре сырьевых потока ПБФ печи пиролиза F16 после регулирующих клапанов поз. 16FRC 03A,B,C,D. Давление бензина после регулирующих клапанов поз. 15FRC 03A,B,C,D (3-7) кгс/см² контролируется по манометрам поз. 15PI 601A,B,C,D.

Предусмотрены:

- сигнализация понижения давления бензина в печь пиролиза до 0.6 МПа (до 6.0 кгс/см²)

- сигнализация положения эл.задвижки поз.15M6 ("Открыто", "Закрыто").

Выработка насыщенного пара высокого давления в котлах-утилизаторах.

Котлы-утилизаторы печей пиролиза предназначены для выработка насыщенного пара высокого давления и включают в себя на каждой печи:

- отделительный барабан V-11;
- два ЗИА E-11A,B;
- экономайзер печи пиролиза F11;
- пароперегреватель печи пиролиза F11;
- трубопроводы в пределах КУ.

Питательная вода из ЭКО пароперегревателя F-10A,B поступает в коллектор питательной воды печей пиролиза, затем направляется для подогрева в ЭКО печи пиролиза F11, расположенный в конвекционной камере печи пиролиза F11 (2-ая и 4-ая секции). Образовавшаяся паро-водяная смесь поступает в отделительный барабан V-11 на сепарацию.

Давление насыщенного пара в отделительном барабане V-11 (10.4-12.85) МПа [(106-131) кгс/см²] регистрируется по поз.11PR 23 и контролируется по манометру поз.11PI 611.

При консервации КУ для контроля избыточного давления азота в системе (0.2-0.5) кгс/см² используется манометр поз.11PI 611, при этом манометр с диапазоном измерений (0-25) МПа [(0-250) кгс/см²] необходимо заменить на манометр с диапазоном измерений (0-0.6) МПа [(0-6) кгс/см²].

Уровень воды (30-70) % в отделительном барабане V-11 поддерживается регулирующим клапаном поз.11LRCZA 81, установленном на трубопроводе подачи питательной воды в ЭКО печи пиролиза F11 и регулирующим клапаном слива избытка воды из V-11 в емкость V-01 поз.11LRCZA

- сигнализация повышения уровня в отделительном барабане V-11 до 70 % поз.11LRCZA 81;
- сигнализация повышения уровня в отделительном барабане V-11 до 90 % поз.11LRCZA 83;
- блокировка понижения уровня в отделительном барабане V-11 до 10 % поз.11LRCZA 81, с задержкой 10 с, при этом:

- а) закрытие электрозадвижки поз.11М3 на трубопроводе топливного газа на горелки печи пиролиза F11;

- б) закрытие электрозадвижки поз.11М6 на трубопроводе бензина в печь пиролиза F11;

- в) сигнализация понижения уровня в отделительном барабане V-11;

- г) сигнализация отключения печи;

- д) запоминание первопричины аварии.

- блокировка понижения уровня в отделительном барабане V-11 до 10 % поз.11LRCZA 83, с задержкой 10 с, при этом:

- а) закрытие запорной эл.задвижки поз.11М3 на трубопроводе топливного газа на горелки печи пиролиза F11;

- б) закрытие запорной эл.задвижки поз.11М6 на трубопроводе бензина в печь пиролиза F11;

- в) сигнализация понижения уровня в отделительном барабане V-11;

- г) сигнализация отключения печи;

- д) запоминание первопричины аварии.

Вода из отделительного барабана V-11 самотеком поступает в ЗИА Е-11А,В, где частично испаряется за счет утилизации тепла охлаждаемого пирогаза. Образовавшаяся паро-водяная смесь возвращается в отделительный барабан V-11 на сепарацию.

Отсепарированный пар П128 из отделительного барабана V-11 поступает в перегреватель пара

давления (далее по тексту - пар П110), либо через электрозадвижки поз.М221, М222 на редуцирующее устройство РУ-140/12 для получения пара П12 (схема 2).

Предусмотрены:

- сигнализация повышения температуры пара П128 до 400 °С поз.11TRA 73;
- сигнализация понижения температуры пара П128 до 325 °С поз.11TRA 73.

Для обеспечения требуемого водохимического режима котловой воды и качества вырабатываемого пара, отделительный барабан V-11 оснащен линией непрерывной продувки через дроссельную шайбу в емкость E-107 (установка 404, тит.403, узел переработки пироконденсата) и линией периодической продувки в дренажную емкость V-01.

Для удаления шлама с нижней трубной доски ЗИА E-11 А,В предусмотрены линии периодической продувки в емкость V-01 кроме ЗИА E-12А,В и E-14А,В, выполненных с использованием системы двойных труб, трубные доски отсутствуют. Продувка ЗИА E-12А,В и E-14А,В проводится только при пуске и остановке КУ, т.е. при слабом нагреве и при давлении в КУ равном (3-6) кгс/см².

Вода, сброшенная в емкость V-01 по линиям периодической продувки, откачивается насосами P-01А,В в систему оборотной воды 3 системы. Пар из емкости V-01 направляется в конденсатор-холодильник Т-130, где происходит его охлаждение (конденсация) за счет нагрева оборотной воды, конденсат пара возвращается в емкость V-01.

Уровень воды (20-80) % в емкости V-01 контролируется по поз.Л1А-87.

Предусмотрены:

- сигнализация понижения уровня в емкости V-01 до 20 % поз.Л1А-87;

- включение насоса P-01В при повышении уровня до 75 % поз.Л1А-87.

Предусмотрены пробоотборные точки для отбора проб:

- пара П128 из коллектора – поз.W-09, W-10;

- котловой воды из линий непрерывной продувки – поз.(11÷14)QR-95, (16÷19)QR-95.

Из коллектора пара П128 предусмотрена линия отвода конденсата в расширитель E-107 (установка 404, тит.403).

При пуске и остановке печи пиролиза F11 предусмотрена линия сброса пара П128 после печи пиролиза F11 на шумоглушитель печей через отсекающую электрозадвижку поз.11М4 и регулируемую электрозадвижку поз.11М5, что позволяет регулировать давление пара П128 в отделительном барабане V-11.

Для прогрева трубопровода пара П128 предусмотрена линия сброса конденсата из отделительного барабана V-11 в емкость V-01.

Для прогрева коллектора пара П128 и отвода конденсата пара предусмотрены дренажи и конденсатоотводчики.

Для защиты КУ от превышения давления на отделительном барабане V-11 и трубопроводе пара П128 после перегревателя пара высокого давления печи пиролиза F11 установлены импульсные предохранительные клапаны № 5, 14.

Для защиты от перегрева 1 секции камеры конвекции печи пиролиза F11 при режиме работы "пар на паре" и выжиге кокса предусмотрена подача пара П8 в линию сырья после электрозадвижки поз.11М6.

В линию сырья на каждой печи пиролиза предусмотрена подача технологического воздуха, используемого при выжиге кокса и для продувки змеевиков от влаги. Расход воздуха на поток

Для отбора проб пирогаза и газов выжига после каждой печи пиролиза предусмотрены пробоотборные точки W-12С, W-14С, W-16С, W-18С. Для охлаждения отбираемых проб, на холодильники пробоотборных точек подается обратная вода 3 системы (В-5).

3.Инженерные расчеты

3.1.Материальный баланс

Основой расчетов химико-технологических процессов являются материальные и тепловые балансы. К расчетам материального баланса следует отнести определение выхода основного и побочных продуктов, расходных коэффициентов по сырью, производственных потерь. Только определив материальные потоки, можно произвести конструктивные расчеты производственного оборудования и коммуникаций, оценить экономическую эффективность и целесообразность процесса. Материальный баланс может быть представлен уравнением, левую часть которого составляет масса всех видов сырья и материалов поступающих на переработку $G_{исход}$, а правую - масса получаемых продуктов $G_{кон}$ плюс производственные потери $G_{пот}$

Исходные данные:

Гордовая производительность этилена 300 000, увеличим производительность на 10 %:

Годовая производительность этилена 336600 т/год;

Основное оборудование установлено без резерва и рассчитано на непрерывную работу производства в течение 8000 часов (330 суток), после чего технологическая линия останавливается для проведения ремонта;

Где: П – производительность печи по этилену, т/год;

τ - фонд рабочего времени установки, час.

С учетом потерь в 2% :

$$330000 \times 2\% = 6600 \text{ кг/ч}$$

$$G = \frac{336600 \times 1000}{8000} = 42075 \text{ кг/ч}$$

Из заводских данных известно, что на 1 кг этилена расходуется 3,76 кг бензина.

Определим, сколько расходуется бензина при заданной производительности:

$$G = 42075 \times 3,76 = 158202 \text{ кг/ч}$$

Характеристика печи:

Нагрузка 1 печи пиролиза по бензиновой фракции 15904,46 кг/ч;

$$n = \frac{158202}{15904,46} = 9,95$$

9,95 \approx 10- печей пиролиза бензина;

Принимаем 10 печей пиролиза

Определим, сколько расходуется бензина на 1 печь:

$$G_{1 \text{ печи}} = \frac{158202}{10} = 15820,2 \text{ кг/ч}$$

Расходный коэффициент водяного пара 0,5 кг/кг, следовательно:

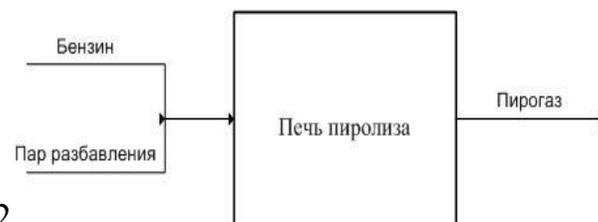
$$G = 15820,20 \times 0,5 = 7910,1 \text{ кг/ч}$$

Рассчитываем исходную смесь бензина с паром

$$15820,20 \text{ кг/ч} + 7910,1 \text{ кг/ч} = 23730,30 \text{ кг/ч}$$

Далее расчет ведется на одну печь.

Поток 1



Поток 2

Рис. 20 Блок-схема узла пиролиза бензина

Зная, массовые доли исходного сырья и массовые доли компонентов образовавшегося в

$$\text{Ароматические УВ} = \frac{15820,20 \times 7,00}{100} = 1107,41 \text{ кг/ч}$$

7,00 – из регламента

Таблица 3.1. Материальный баланс печи пиролиза бензина.

	Приход			Расход		
	Компонент	кг/ч	%вес.	Компонент	кг/ч	% вес
Поток 1	Бензин			Пирогаз в т.ч:		
	Ароматических УВ	1107,41	7,000	H2	185,41	1,17
	Парафиновых УВ	5861,38	37,050	H2S	15,82	0,10
	в т.ч. изопарафины	5529,16	34,950	CO	38,76	0,25
	Нафтеновых УВ	3314,33	20,950	CO2	17,40	0,11
	Сера	7,91	0,050	CH4	1863,62	11,78
	Итого	15820,20	100	C2H2	74,35	0,47
Поток 2	H2O(Пар)	7910,1	100		0,00	
				C2H4	4667,43	29,50
				C2H6	1113,27	7,04
				пропадиен-1,2	88,28	0,56
				C3H6	1945,88	12,30
				C3H8	72,77	0,46
				бутадиен-1,3	616,67	3,90
				C4H8	690,08	4,36
				C4H10	71,67	0,45
				C5H12	666,66	4,21
				C6H14	164,37	1,04
				C6H6	1109,79	7,02
				C7H16	99,67	0,63
				C6H5(CH3)	711,59	4,50
				C8H18	32,43	0,21
				(CH3)2C6H4 –1,3	300,74	1,90
				(C2H5)C6H5	78,78	0,50
				(CH3)2C6H4– 1,2	165,48	1,05
				C9H18	64,23	0,41
				(C3H7)C6H5	252,33	1,60
				C11H24 (парафин)	13,76	0,09

3.2. Тепловой баланс

Цель расчета – определение количества тепла необходимого для протекания процесса пиролиза, а также расход топливного газа.

Трубчатый пиролизный реактор с огневым обогревом (трубчатая печь) предназначен для высокотемпературного пиролиза жидких и газообразных углеводородов с получением газообразного этилена. Для расчета выбрана четырехпоточная трубчатая печь градиентного типа с излучающими стенками топки и трубными экранами двухстороннего облучения. Печь состоит из радиантной (топочной) и конвективной камер; в последней происходит предварительный нагрев бензина в смеси с водяным паром [4].

Техническая характеристика печи:

Тепловая нагрузка, кВт	12×103
------------------------	--------

Нагрузка по бензиновой фракции, кг/ч	15820,20
--------------------------------------	----------

Производительность по этилену, кг/ч	3730
-------------------------------------	------

Техническая характеристика камер: Конвективная Радиантная

Площадь поверхности теплообмена труб, м ²	110	130
--	-----	-----

Давление рабочее, МПа:

Диаметр труб, мм	102	114
Рабочая длина труб, мм	5500	8500
Расчетная температура стенки труб, °C	800	990

Таблица 3.2. Состав топливного газа[5]

Компонент	φ_i , %	M_r	$(M_r \times \varphi_i)/100$	ω_i , %
CH ₄	71,85	16	11,496	92,25
C ₂ H ₄	0,83	28	0,2324	1,87
C ₂ H ₆	0,11	30	0,033	0,26
H ₂	26,61	2	0,5322	4,27
CO	0,6	28	0,168	1,35
Итого	100		12,4616	100

где φ_i – массовые доли, %

ω_i – мольные доли, %

Температура, °C:

бензиновой фракции на входе в печь	105
перегретого пара на входе в печь	230
парогазовой смеси на входе в радиантную камеру	600

топливного газа	20
Продуктов сгорания топливного газа	605
Давление перегретого пара 1,0 МПа.	

3.2.1. Расчет конвективной камеры

Уравнение теплового баланса печи:

$$Q_{\text{подв.}} + Q_{\text{перг. пар}} + Q_{\text{нагр. паров. бенз.}} = Q_{\text{исп. бензина}} + Q_{\text{вод. пара}} + Q_{\text{пары бензина}} + Q_{\text{потери}} \quad (40)$$

Где $Q_{\text{подв.}}$ – подводимое тепло, кДж/ч;

$Q_{\text{перг. пар}}$ – тепло, приносимое перегретым паром, кДж/ч;

$Q_{\text{нагр. бензина}}$ – тепло подаваемого бензина, кДж/ч;

$Q_{\text{исп. бензина}}$ – тепло испарения бензина, кДж/ч;

$Q_{\text{вод. пара}}$ – тепло от испарения водяного пара, кДж/ч;

$Q_{\text{потери}}$ – потери тепла, кДж/ч;

$Q_{\text{пары бензина}}$ – тепло от паров бензин, кДж/ч.

$$Q_{\text{нагр. бенз.}} = G_{\text{бенз.}} \times C_{p \text{ бенз.}} \times T \quad (41)$$

$$C_{p \text{ бенз.}} = 2,1 \text{ кДж}/(\text{кг} \times \text{К}) (T=105 \text{ } ^\circ\text{C}, P=1 \text{ МПа}) [6].$$

$$Q_{\text{бенз.}} = 15820,20 \times 2,1 \times (105 + 273) = 12558074,76 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{пер. пар.}} = G_{\text{пер. пар.}} \Delta H_{\text{пер. пар.}} \quad (42)$$

$$\Delta H_{\text{пер. пар.}} = 2896,7 \text{ кДж}/\text{кг} (T=230 \text{ } ^\circ\text{C}, P=1 \text{ МПа}) [6]$$

Таблица 3.3. Компонентный состав бензина

Компоне нт	φ _i , %	G, кг/ч	С _p , Дж/(моль ×К)	С _p , кДж/(к г×К)	Мг	Т _{кип.} , °С	ΔНис п., кДж/к г	Q _{исп} УВ _i , кДж/ч	Q _{пары} бенз.УВ _i кДж/ч
C5H12	38,92	6157,2 2	260,68	3,62	72	36,07 4	357,5	2201206,1 5	1945841 6,08
C6H14	36,57	5785,4 5	309,37	3,60	86	68,74	334,9	1937547,2 1	1818251 2,26
C7H16	17,15	2713,1 6	358,12	3,58	100	98,43	316,5	858715,14	8479547, 474
C8H18	5,29	836,89	406,78	3,57	114	125,6 6	301,4	252238,65	2608259, 743
C9H20	1,79	283,18	886,12	6,92	128	150,7 9	288,0	81555,84	1710735, 689
C10H22	0,28	44,30	978,0	6,89	142	174,1	276,3	12240,09	266463,1 71
C6H6		1109,7 9	197,80	2,54	78	80,1	394,3	437590,20	2460870, 542
C7H8		711,59	244,57	2,66	92	110,6	355,8	253183,72	1652440, 066
(C2H5)C6 H5		78,78	292.102	2,76	106	144,0	347,5	27376,05	189818,8 344
(CH3)2C6 H4 – 1,2		165,48	291.47	2,75	106	139,1	343,3	56809,28	397276,1 1
(CH3)2C6 H4 – 1,3		300,74	290.30	2,74	106	138,3	339,1	101980,93	719376,0 948
(C3H7)C6 H5		252,33	268.03	2,23	120	152,4	312,7	78903,59	491233,5 207
Итого								6299346,8 5	5661694 9,58

Пример расчета,
остальные компоненты
посчитаны аналогично
и сведены в таблицу 5:

$$Q_{C5H12} = GC_{5H12} \times \Delta H_{исп} \quad (43)$$

$$Q_{исп.C5H12} = 6157,22 \times 357,5 = 2201206,15 \text{ кДж/ч}$$

$$C_{pi} = a + bT + cT_2 + dT_3 \quad (44)$$

Удельные
теплоемкости
компонентов бензина:

$$C_{pC5H12} = 1.44 + (476.5 \times 10^{-3} \times (600 + 273)) - (250.4 \times 10^{-6} \times (600 + 273)^2) + (51.24 \times 10^{-9} \times (600 + 273)^3) = 260,68 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$(72.32 \times 10^{-9} \times (600+273)^3) = 358,12 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{C_8H_{18}}} = 6.91 + (741.9 \times 10^{-3} - (600+273)) - (397.3 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) + (82.64 \times 10^{-9} \times (600+273)^3) = 406,78 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{C_9H_{20}}} = 8.734 + (579.106 \times 10^{-3} - (600+273)) + (487,888 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) = 886,12 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{C_{10}H_{22}}} = 10,555 + (668,268 \times 10^{-3} - (600+273)) + (503,907 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) = 978,0 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{C_6H_6}} = -33,90 + (471,87 \times 10^{-3} - (600+273)) - (298,34 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) +$$

$$(70,84 \times 10^{-9} \times (600+273)^3) = 197,80 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)} = 0,19780 \text{ кДж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{C_7H_8}} = -33,88 + (557,0 \times 10^{-3} - (600+273)) - (342,4 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) +$$

$$+(79,87 \times 10^{-9} \times (600+273)^3) = 244,57 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{(C_2H_5)_2C_6H_5}} = -14.81 + (591.1 \times 10^{-3} - (600+273)) + (-339.6 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) +$$

$$(74.70 \times 10^{-9} \times (600+273)^3) = 292.102 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{(CH_3)_2C_6H_4-1,2}} = -27.38 + (620.9 \times 10^{-3} - (600+273)) + (-363.9 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) + (81.38 \times 10^{-9} \times (600+273)^3) = 291.47 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{(CH_3)_2C_6H_4-1,3}} = -25.92 + (609.7 \times 10^{-3} - (600+273)) + (-350.6 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) + (76.88 \times 10^{-9} \times (600+273)^3) = 290.30 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$C_{p_{(C_3H_7)_2C_6H_5}} = -38.43 + (772.975 \times 10^{-3} - (600+273)) + (-483.312 \times 10^{-6} \times (600+273)^2) = 268.03 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$Q_{\text{пары } C_5H_{12}} = C_p C_{5H_{12}} \times G_{C_5H_{12}} \times T, \quad (45)$$

$$Q_{\text{пары } C_5H_{12}} = 6157,22 \times 3,62 \times (600 + 273) = 19458416,08 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{исп. бензина}} = \sum Q_{\text{исп.УВ}i} \quad (46)$$

$$Q_{\text{исп. бензина}} = 2201206,15 + 1937547,21 + 858715,14 + 252238,65 + 81555,84 + 12240,09 + 437590,20 + 253183,72 + 27376,05 + 56809,28 + 101980,93 + 78903,59 = 6299346,85 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{пары бенз.}} = \sum Q_{\text{пары бенз.УВ}i} \quad (47)$$

$$Q_{\text{пары бенз.}} = 19458416,08 + 18182512,26 + 8479547,474 + 2608259,743 + 1710735,689 + 266463,171 + 2460870,542 + 1652440,066 + 189818,8344 + 397276,11 + 719376,0948 = 491233,5207 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{вод. пара}} = G_{\text{вод. пара}} \Delta H_{\text{вод. пара}} \quad (48)$$

$$\Delta H_{\text{вод. пара}} = 3650 \text{ кДж/кг (T=600°C, P=1,0 МПа.)}$$

$$Q_{\text{вод. пара}} = G_{\text{вод. пара}} \Delta H_{\text{вод. пара}} \quad (49)$$

$$Q_{\text{вод. пара}} = 7910,1 \times 3650 = 28871865,00 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{пот.}} = 0,05 \times (Q_{\text{перг. пар}} + Q_{\text{нагр. бензина}} + Q_{\text{подв}}) \quad (50)$$

$$Q_{\text{пот.}} = 0,05 \times (22913187 + 12558074,76 + Q_{\text{подв}}) = 0,05 \times Q_{\text{подв}} + 1773563,09 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{подв.}} = Q_{\text{исп. бензина}} + Q_{\text{вод. пара}} + Q_{\text{пары бенз.}} + Q_{\text{потери.}} - Q_{\text{перг. пар}} - Q_{\text{нагр. паров бензина}} \quad (51)$$

$$Q_{\text{подв.}} = 6299346,85 + 28871865,00 + 56616949,58 + 0,05 \times Q_{\text{подв.}} + 1773563,09 - 22913187 - 12558074,76 \text{ кДж/ч}$$

$$0,05 \times Q_{\text{подв.}} + 58090462,76 \text{ кДж/ч}$$

3.2.2. Расчет радиантной камеры

$$Q_{\text{под.р}} + Q_{\text{наг.п.б}} + Q_{\text{нагр.пар.}} = Q_{\text{хим.реак.}} + Q_{\text{пирогаз.}} + Q_{\text{пот.}} \quad (52)$$

Где $Q_{\text{под.р}}$ - подвод тепла в радиантную камеру, кДж/ч;

$Q_{\text{наг.п.б}} + Q_{\text{нагр.пар.}}$ - тепло поступающее с нагретыми парами бензина и пара, кДж/ч;

$Q_{\text{хим.реак.}}$ - тепло, затрачиваемое на химическую реакцию, кДж/ч;

$Q_{\text{пирогаз.}}$ - тепло, уносимое пирогазом, кДж/ч;

$Q_{\text{пот.}}$ - потери тепла в окружающую среду, кДж/ч;

По формуле (17) найдем тепло, поступающее с нагретыми парами бензина и пара:

$$Q_{\text{наг.п.б}} + Q_{\text{нагр.пар.}} = Q_{\text{наг.бенз.}} + Q_{\text{наг.пара.}} \quad (53)$$

Где $Q_{\text{наг.бенз.}}$ - тепло нагретых паров бензина кДж/ч;

$Q_{\text{наг.пара.}}$ - тепло от пара кДж/ч.

$$Q_{\text{наг.бенз.}} = Q_{\text{исп.бензина}} = 6299346,85 \text{ кДж/ч}$$

$$\Delta H_{\text{вод.пара}} = 3650 \text{ кДж/кг (T=600°C, P=1,0 МПа.)}$$

$$Q_{\text{вод.пара}} = G_{\text{вод.пара}} \Delta H_{\text{вод.пара}} \quad (54)$$

$$Q_{\text{вод.пара}} = 7910,1 \times 3650 = 28871865,00 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{наг.п.б}} + Q_{\text{нагр.пар.}} = 49719724,56 + 28871865,00 = 78591589,56 \text{ кДж/ч}$$

$$\Sigma M_{\text{хим.р. пирогаза}} = 2 \times 0,0017 + 34 \times 0,0001 + 30 \times 0,00025 + 46 \times 0,00011 + 16 \times 0,1178 + 26 \times 0,00047 + 28 \times 0,305 + 30 \times 0,00621 + 58 \times 0,00256 + 72 \times 0,00421 + 86 \times 0,00206 + 100 \times 0,00063 + 114 \times 0,00121 + 128 \times 0,00045 + 142 \times 0,00521 + 78 \times 0,00802 + 92 \times 0,0065 + 106 \times 0,0025 + 106 \times 0,00405 + 106 \times 0,0029 + 120 \times 0,0046 + 156 \times 0,00009 + 184 \times 0,00442 = 64,91 \text{ г/моль}$$

$$\Delta H_{\text{хим.реак}} = \frac{90 \times 1000}{64,91} = 1386,54 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{хим.реак}} = 15820,2 \times 1386,54 = 21935264,21 \text{ кДж/ч}$$

Рассчитаем $Q_{\text{прод.р-ии пир}}$:

$$C_{p \text{продуктов реакции}} = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (56)$$

$$C_{p_{\text{H}_2}} = 27,28 + (3,26 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) + (0,502 \times 10^{-5} \times (845 + 273)^2) = 37,20 \text{ Дж/(моль} \times \text{K)}$$

$$C_{p_{\text{H}_2\text{S}}} = 29,37 + (15,40 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) = 46,58 \text{ Дж/(моль} \times \text{K)}$$

$$C_{p_{\text{CO}}} = 28,41 + (4,10 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) - (0,46 \times 10^{-5} \times (845 + 273)^2) = 27,24 \text{ Дж/(моль} \times \text{K)}$$

$$C_{p_{\text{CO}_2}} = 44,14 + (9,04 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) - (8,53 \times 10^{-5} \times (845 + 273)^2) =$$

$$52,37 \text{ Дж/(моль} \times \text{K)}$$

$$C_{p_{\text{CH}_4}} = 17,45 + (60,46 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) + (1,117 \times 10^{-6} \times (845 + 273)^2) - (7,20 \times 10^{-9} \times (845 + 273)^3) = 76,37 \text{ Дж/(моль} \times \text{K)}$$

$$C_{p_{\text{C}_2\text{H}_2}} = 23,46 + (85,77 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) - (58,34 \times 10^{-6} \times (845 + 273)^2) + (15,87 \times 10^{-9} \times (845 + 273)^3) = 60,61 \text{ Дж/(моль} \times \text{K)}$$

$$C_{p_{\text{C}_2\text{H}_4}} = 4,196 + (154,59 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) - (81,09 \times 10^{-6} \times (845 + 273)^2) + (16,82 \times 10^{-9} \times (845 + 273)^3) = 99,18 \text{ Дж/(моль} \times \text{K)}$$

$$Cp_{\text{пропадиен-1,2}}=13,07+(175,3 \times 10^{-3} \times (845+273))-(71,17 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)=120,10 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{C_5H_{12}}=Cp_{C_5H_{12}}=1,44+(476,5 \times 10^{-3} \times (845+273))-(250,4 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)+(51,24 \times 10^{-9} \times (845+273)^3)=292,79 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{C_6H_{14}}=3,08+(565,8 \times 10^{-3} \times (845+273))-(300,4 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)+ \\ +(62,06 \times 10^{-9} \times (845+273)^3)=346,89 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{C_7H_{16}}=5,02+(653,76 \times 10^{-3} \times (845+273))-(348,7 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)+ \\ (72,32 \times 10^{-9} \times (845+273)^3)=401,14 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{C_8H_{18}}=6,91+(741,9 \times 10^{-3} \times (845+273))-(397,3 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)+(82,64 \times 10^{-9} \times (845+273)^3)= \\ 455,24 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{C_9H_{20}}=8,734+(579,106 \times 10^{-3} \times (845+273))+(487,888 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)=1266,0 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{C_{10}H_{22}}=10,555+(668,268 \times 10^{-3} \times (845+273))+(503,907 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)=1387,52 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{C_6H_6}=-33,90+(471,87 \times 10^{-3} \times (845+273))-(298,34 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)+ \\ (70,84 \times 10^{-9} \times (845+273)^3)=219,74 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{C_7H_8}=-33,88+(557,0 \times 10^{-3} \times (845+273))-(342,4 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)+ \\ +(79,87 \times 10^{-9} \times (845+273)^3)=272,48 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{(C_2H_5)_2C_6H_5}=-14,81+(591,1 \times 10^{-3} \times (845+273))+(339,6 \times 10^{-6} \times (845+273)^2)+ \\ (74,70 \times 10^{-9} \times (845+273)^3)=325,95 \text{ Дж}/(\text{моль} \times \text{K})$$

$$Cp_{(C_3H_7)C_6H_5} = -38.43 + (772.975 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) + (-483.312 \times 10^{-6} \times$$

$$(845 + 273)^2) = 221.65 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$Cp_{C_{11}H_{24}} = 12.376 + (757.045 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) + (544.493 \times 10^{-6} \times (845 + 273)^2)$$

$$= 1539.33 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

$$Cp_{C_{13}H_{28}} = 15.600 + (934.984 \times 10^{-3} \times (845 + 273)) + (642.464 \times 10^{-6} \times (845 + 273)^2)$$

$$= 1863.94 \text{ Дж/(моль} \times \text{К)}$$

Таблица 3.4. Компонентный состав пирогаза.

Компонент	Ср, Дж/(моль×К)	Ср, кДж/(кг×К)	G, кг/ч	Mг	φ, %	Qпрод.р-ии пир, кДж/кг
H2	37,20	18,60	185,41	2	1,17	3855563,87
H2S	46,58	1,37	15,82	34	0,1	24230,86
CO	27,24	0,91	38,76	30	0,25	39433,65
CO2	52,37	1,14	17,40	46	0,11	22176,65
CH4	76,37	4,77	1863,62	16	11,78	9938424,55
C2H2	60,61	2,33	74,35	26	0,47	193677,29
C2H4	99,18	3,54	4667,43	28	30,5	18472381,06
C2H6	129,78	4,33	4667,43	30	6,21	22594748,58
пропадиен-1,2	120,10	2,07	1113,27	58	2,56	2576396,23
C5H12	292,79	4,07	6157,22	72	4,21	28016951,88
C6H14	346,89	4,03	5785,45	86	2,06	26066576,39
C7H16	401,14	4,01	2713,16	100	0,63	12163584,65
C8H18	455,24	3,99	836,89	114	1,21	3733215,65
C9H20	1266,0	9,89	283,18	128	0,45	3131126,92
C10H22	1387,52	9,77	44,30	142	5,21	483882,70

(СН3)2 С6Н4 1,3	324.93	3,07	300,74	106	2,9	1032217,87
(С3Н7) С6Н5	221.65	1,85	252,33	120	4,6	521894,14
С11Н24 (ундека н)	1539.3 3	9,87	13,76	156	0,09	151836,92
С13Н28 (тридека н)	1863.9 4	10,13	698,94	184	4,42	7915733,14
итого					100	147627049,6 7

Пример расчета, остальные компоненты посчитаны аналогично и сведены в таблицу 6:

$$Q_{\text{прод.р-ии пир}} = C_p C_5H_{12} \times G_i C_5H_{12} \times T \quad (57)$$

$$Q_{C_5H_{12}} = 4,07 \times 6157,22 \times (845 + 275) = 28016951,88 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{пара}} = G_{\text{пара}} \times \Delta H_{\text{пара}} \quad (58)$$

$$\Delta H_{\text{пара}} = 3920 \text{ кДж/кг (T=845°C, P=1,0МПа)}$$

$$Q_{\text{пара}} = 7910,1 \times 3920 = 31007592,00 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{пирогаз}} = \Sigma Q_{\text{прод.р-ии пир}} + Q_{\text{пара}} \quad (59)$$

$$Q_{\text{пирогаз}} = 147627049,67 + 31007592,00 = 178634641,67 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{пот.}} = 0,05 \times (Q_{\text{под.р}} + Q_{\text{наг.п.б.+нагр.пар.}})$$

$$Q_{\text{пот.}} = 0,05 \times (Q_{\text{под.р}} + 6299346,85) = 0,05 \times Q_{\text{т.г}} + 314967,34 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{\text{под.р}} = Q_{\text{хим.реак.}} + Q_{\text{пирогаз}} + Q_{\text{пот.}} - Q_{\text{наг.п.б.}} + Q_{\text{нагр.пар.}} \quad (60)$$

$$Q_p = Q_{\text{под.р}} = \frac{122293283,7}{0,95} = 128729772,3 \text{ кДж/ч}$$

$$\Sigma Q_{\text{к+р}} = 61147855,54 + 128729772,3 = 189877627,8 \text{ кДж/ч} - \text{полезное тепло}(Q_{\text{полезн..}})$$

$$G_{\text{т.г.}} = \frac{\Sigma Q_{\text{к+р}}}{\Delta H_{\text{природного газа}}}, \text{ кДж/ч- расход топливного газа.}$$

$$\Delta H_{\text{природного газа}} = 44000 \text{ кДж/ кг}$$

$$G_{\text{т.г.}} = \frac{189877627,8}{44000} = 4315,40 \text{ кг/ч} - \text{расход топливного газа.}$$

3.3. Технологический расчет основного аппарата

3.3.1. Расчет конвективной камеры

Техническая характеристика печи:

Тепловая нагрузка, кВт 12×103

Нагрузка по бензиновой фракции, кг/ч 15820,20

Производительность по этилену, кг/ч 3730

Техническая характеристика камер: Конвективная Радиантная

Площадь поверхности теплообмена труб, м² 110 130

Диаметр труб, мм	102	114
Рабочая длина труб, мм	5500	8500
Расчетная температура стенки труб, °С	800	990

Площадь поверхности нагрева труб конвективной камеры определяют по формуле [7]:

$$Q_k = 61147855,54 \text{ кДж/ч} = \frac{Q_k}{3600} = \frac{61147855,54}{3600} = 16985,52 \text{ кВт}$$

$$F_k = \frac{Q_k}{\varphi_k} \quad (61)$$

где F_k - площадь поверхности труб конвективной камеры, м^2 ;

Q_k - тепловая нагрузка конвективной камеры, кВт;

φ_k - поверхностная плотность теплового потока труб конвективной камеры, кВт/ м^2 .

Поверхностную плотность теплового потока экранных реакционных труб в печах рассчитываемой конструкции принимают равной 190 кВт/ м^2 , тогда:

$$F_k = \frac{16985,52}{190} = 89,39 \text{ м}^2$$

Площадь поверхности теплообмена труб в радиантной камере в принятой конструкции печи составляет $\approx 70 \text{ м}^2$

Бензин поступает в радиантную камеру четырьмя потоками по трубам с $d_n = 0,203 \text{ м}$, длина которых составляет: $2 \times 10,089 \text{ м}$ и $2 \times 10,358 \text{ м}$. Парно изгибаясь в колена они соединены в две трубы диаметром $0,254 \text{ м}$ и длиной $10,245 \text{ м}$. Которые в свою очередь при помощи колена переходят в

$$F=(3,14 \times 0,203 \times 2 \times 10,089)+(3,14 \times 0,203 \times 2 \times 10,358)+2 \times (3,14 \times 0,254 \times 10,245)+4 \times (3,14 \times 0,304 \times 10,865)=83,89 \text{ м}^2$$

По существующим нормам шаг размещения экранных труб $t=0,25$ м, при рядном расположении труб расстояние между вертикальными рядами:

$$s=\sum t_i \times (n_i-1)=4 \times (0,203 \times (10-1))+2 \times (0,254 \times (10-1))+4 \times (0,304 \times (10-1))=22,8 \text{ м}$$

Расстояние от излучающих стен до трубного экрана принимают равным 1 м, расстояние от нижней и верхней труб до потолка и пола печи принимают равными шагу размещения труб (0,25 м). Тогда для $n=10$ высота конвективной камеры составит:

$$h_k=(10-1) \times 0,25 + \frac{0,25}{2} + 2 \times 0,25 = 2,875 \text{ м}$$

Ширина четырехпоточной конвективной камеры:

$$2 \times 1+3 \times s = 2 \times 1+3 \times 22,8 = 70,4 \text{ м}$$

При принятой рабочей длине труб 5,5 м объем конвективной камеры составит:

$$V_k = 2,875 \times 70,4 \times 5,5 = 1113,2 \text{ м}^3$$

Поверхностная плотность теплового потока:

$$\varphi_k = \frac{16985,52}{1113,2} = 15,26 \text{ кВт/м}^2$$

что соответствует условиям эксплуатации печи (до 120 кВт/м²).

3.3.2. Расчет радиантной камеры

$$F_p = \frac{Q_p}{\varphi_p} \quad (63)$$

где F_p - площадь поверхности радиантных труб, м²;

Q_p - тепловая нагрузка радиантной камеры, кВт;

φ_p - поверхностная плотность теплового потока радиантных труб, кВт/м².

Поверхностную плотность теплового потока экранных реакционных труб в печах рассчитываемой конструкции принимают равной 60 кВт/м², тогда:

$$Q_p = \frac{128729772,3}{3600} = 35758,3 \text{ кВт}$$

$$F_p = \frac{35758,3}{250} = 143,03 \text{ м}^2$$

Площадь поверхности теплообмена радиантных труб в принятой конструкции печи составляет $\approx 150 \text{ м}^2$.

При наружном диаметре радиантных труб $d_n = 0,114 \text{ м}$ общая рабочая длина труб равна:

$$l_p = \frac{F_p}{\pi \times d_n}$$

$$l_p = \frac{150}{3,14 \times 0,114} = 419,04 \text{ м}$$

Принимаем число труб в каждом потоке равным 13, тогда общая длина труб в каждом реакционном змеевике (потоке) составит

$$l_{\text{общ.}} = 8,5 \times 13 = 110,5 \text{ м}$$

Фактическая поверхность труб:

$$F_p = 13 \times 4 \times 3,14 \times 0,114 \times 8,5 = 158 \text{ м}^2$$

По существующим нормам шаг размещения экранных труб $t=0,25$ м, при шахматном расположении труб расстояние между вертикальными рядами:

$$s = t \times \sqrt{\frac{3}{2}} = 0,25 \times \frac{1,73}{2} = 0,215 \text{ м}$$

Расстояние от излучающих стен до трубного экрана принимают равным 1 м, расстояние от нижней и верхней труб до потолка и пола печи принимают равными шагу размещения труб (0,25 м). Тогда для $n=11$ высота радиантной камеры составит:

$$h_p = (13-1) \times 0,25 + \frac{0,25}{2} + 2 \times 0,25 = 3,625 \text{ м}$$

Ширина четырехпоточной радиантной камеры:

$$2 \times 1 + 3 \times s = 2 \times 1 + 3 \times 0,215 = 2,645 \text{ м}$$

$$\varphi_p = \frac{35758,3}{81,5} = 438,7 \text{ к Вт/м}^2$$

что соответствует условиям эксплуатации печи (до 120 кВт/м²).

3.4. Гидравлический расчет основного аппарата

При температуре 845 °С оптимальная продолжительность пребывания реагентов в зоне высоких температур составило $\tau_{\text{опт}}=0,32$ с. Пиролизу подвергают смесь бензинов, поэтому общее время пребывания тобщпарогазовой смеси в зоне реакции для всех углеводородов одинаково. Общее время пребывания парогазовой смеси в зоне реакции связано с оптимальным временем следующим соотношением:

$$\tau_{\text{общ}} \leq (1,8-2,1) \times \tau_{\text{опт}}.$$

Определяют время пребывания смеси в радиантных трубах для рассчитанной конструкции трубного экрана (4 потока по 10 труб, $d_{\text{тр.}}=114 \times 8$ мм, $l=8,5$ м). Предварительно рассчитывают плотность парогазовой смеси на входе в радиантную камеру и пирогаза на выходе из нее, линейную скорость парогазовой смеси.

Плотность парогазовой смеси:

При нормальных условиях (273 К и 0,101325 МПа):

где 23730,30 – массовый расход парогазовой смеси, кг/ч; 374,00 и 439,4 – молярные расходы бензиновой фракции и водяного пара, кмоль/ч; на входе в радиантную камеру при $T_H = 600 + 273 = 873$ К, $P_H = 0,35$ МПа:

$$M_{r_{\text{бензиновой фракции}}} = 4,21 \times 72 + 2,06 \times 86 + 0,63 \times 100 + 1021 \times 114 + 0,45 \times 128 + 5,21 \times 142 + 8,02 \times 78 + 6,25 \times 92 + 2,5 \times 106 + 4,05 \times 106 + 2,9 \times 106 + 4,6 \times 120 = 42,3 \text{ г/моль}$$

$$M_{r_{\text{пара}}} = 18 \times 1 = \text{г/моль}$$

$$\omega_{\text{бензиновой фракции}} = \frac{15820,2 \times 1000}{42,3} = 374,00 \text{ кмоль/ч}$$

$$\omega_{\text{пара}} = \frac{7910,1 \times 1000}{18} = 439,4 \text{ кмоль/ч}$$

$$\rho_H = \rho_0 \times \frac{T_0 \times P_H}{T_H \times P_0} = 1,302 \times \frac{273 \times 0,35}{873 \times 0,101325} = 1,407 \text{ кг/м}^3 \quad (64)$$

Плотность пирогаза:

При нормальных условиях:

$$\rho_0 = \frac{23730,30}{26047,28} = 0,9110 \text{ кг/м}^3$$

На выходе из радиантной камеры при $T_K = 845 + 273 = 1118$ К и $P_K = 0,17$ МПа:

$$\rho_H = \rho_0 \times \frac{T_0 \times P_K}{T_K \times P_0} = 0,9110 \times \frac{273 \times 0,17}{1118 \times 0,101325} = 0,3246 \text{ кг/м}^3$$

Средняя плотность парогазовой смеси в радиантной камере:

$$\rho_H = \frac{\rho_H + \rho_K}{2} = \frac{1,407 + 0,3246}{2} = 0,8658 \text{ кг/м}^3$$

$$W = \frac{G_{\text{парогаз}}}{3600 \times n \times \pi \times r_{\text{ср}}^2 \times d_{\text{вн}}^2} = \frac{23730,3}{3600 \times 4 \times 0,8658 \times 0,098^2} = 198,2 \text{ кг}/(\text{м}^3 \times \text{с})$$

где 4 – число потоков;

0,098 – внутренний диаметр трубы, м.

Линейная скорость парогазовой смеси:

На входе в радиантную камеру:

$$\omega_{\text{нач}} = \frac{198,2}{1,407} = 140,9 \text{ м/с};$$

На выходе из радиантной камеры:

$$\omega_{\text{кон}} = \frac{198,2}{0,3246} = 610,6 \text{ м/с};$$

Средняя скорость:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{140,9 + 610,6}{2} = 375,8 \text{ м/с}.$$

Время пребывания смеси в радиантных трубах:

$$\tau_{\text{общ}} = \frac{8,5 \times 10}{375,8} = 0,226 \text{ с}.$$

Полученное общее время пребывания близко к минимальному времени:

$$\tau = 0,32 \times 1,8 = 0,58 \text{ с},$$

$$\Delta P = 0,35 - 0,17 = 0,18 \text{ МПа.}$$

Потерю давления (гидравлическое сопротивление змеевиков) находят по формуле:

$$\Delta P = \frac{\lambda \times l_{\text{экв.}} \times W^2}{2 \times \rho_{\text{ср}} \times d_{\text{вн}}} \quad (66)$$

где ΔP – потеря давления, МПа;

λ – коэффициент гидравлического сопротивления;

$l_{\text{экв}}$ – эквивалентная длина труб одного потока, м;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы, м;

W – массовая скорость парогазовой смеси, кг/(м² × с);

$\rho_{\text{ср}}$ – средняя плотность парогазовой смеси, кг/м³.

Для определения коэффициента гидравлического сопротивления вычисляют значение критерия Рейнольдса по формуле:

$$\text{Re} = \frac{W_{\text{ср.}} \times d_{\text{вн}}}{\nu_{\text{см}}} \quad (67)$$

где $\nu_{\text{см}}$ – кинетическая вязкость парогазовой смеси в реакционном змеевике, м²/с.

Средняя температура парогазовой смеси:

$$t_{\text{ср}} = \frac{600 + 845}{2} = 722,5 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Динамическая вязкость бензиновой фракции при этой температуре принимается по основному

$$Mr_{\text{смеси}} = \frac{439,4}{374,0+439,4} = 0,540$$

Молярная (объемная) доля бензиновой фракции в парогазовой смеси:

$$\frac{374,0}{374,0+439,4} = 0,460$$

Динамическую вязкость газовой смеси определяют по формуле.
масса смеси:

Средняя молярная

$$Mr_{\text{см}} = (0,540 \times 18) + (0,460 \times 42,3) = 29,18 \text{ г/моль};$$

$$\frac{x_1 M_1}{\mu_1} = \frac{(0,540 \times 18)}{(341 \times 10^{-7})} = 28,5 \times 10^4 \text{ (Па} \times \text{с)}^{-1}$$

$$\frac{x_2 M_2}{\mu_2} = \frac{(0,460 \times 42,3)}{(550 \times 10^{-7})} = 35,4 \times 10^4 \text{ (Па} \times \text{с)}^{-1}$$

$$\mu_{\text{см}} = \left[\frac{29,18}{28,5 + 35,4} \right] \times 10^{-4} = 456,7 \times 10^{-7} \text{ Па} \times \text{с}$$

Плотность парогазовой смеси при $T_H = 873 \text{ К}$:

$$\rho'_H = \rho'_0 \left(\frac{T_0}{T_H} \right) = 1,407 \times \frac{273}{873} = 0,440 \text{ кг/м}^3$$

при $T_K = 1118 \text{ К}$:

$$\rho'_H = \rho''_0 \left(\frac{T_0}{T_K} \right) = 0,9110 \times \frac{273}{1118} = 0,223 \text{ кг/м}^3$$

Средняя плотность парогазовой смеси:

$$\rho'_{\text{см}} = \frac{0,440 + 0,223}{2} = 0,331 \text{ кг/м}^3$$

Критерий Рейнольдса [8]:

$$Re = \frac{198.2 \times 0,098}{163,01 \times 10^{-6}} = 119156.$$

Принимают среднее значение высоты выступов шероховатости $l=0,0001$ м. Тогда относительная шероховатость равна:

$$l/d_{вн} = \frac{0,0001}{0,098} = 0,001.$$

При $Re=0,97 \times 10^5$ и $l/d_{вн}=0,001$ находят значение коэффициента гидравлического сопротивления $\lambda=0,022$.

Определяют эквивалентную длину труб одного потока радиантного змеевика по формуле:

$$l_{\text{экв.}} = n \times l/m_p + (n-1) \times \psi \times d_{\text{вн}} \quad (68)$$

где $l_{\text{тр}}$ – полная длина трубы, м;

ψ – коэффициент, зависящий от типа соединения труб.

Принимают $\psi=50$, тогда

$$l_{\text{экв.}} = 10 \times 9,5 + (10-1) \times 50 \times 0,098 = 100 \text{ м}$$

Потеря давления в реакционном змеевике печи:

$$\Delta P = \frac{0,022 \times 100 \times 163,01}{2 \times 0,098 \times 0,8658} = 0,211 \text{ МПа, что практически совпадает с проектным.}$$

3.5. Механический расчет основного аппарата

стойкий в среде при её рабочих параметрах и к расчётным толщинам добавляют на коррозию соответствующие прибавки в зависимости от срока службы аппарата. Поэтому, в соответствии с рабочими условиями, выбираем рекомендуемую марку стали Х25Н35 (ГОСТ 5520-79) [10].

3.5.2. Расчет тепловой изоляции

Цель расчета – определить толщину тепловой изоляции печи пиролиза.

Исходные данные:

Температура внутренней поверхности изоляции=1000 °С;

Температура поверхности изоляции не должна превышать 50 °С;

Печь пиролиза расположена на открытом воздухе;

Температура воздуха +4,6°С.

Определяем конструкцию теплоизоляции.

Динасовый кирпич, засыпка из динасовой крошки, засыпка из зонолита или перлита, уплотнительная обвязка (огнеупорная глина-8% и динасовый порошок 92%).

Принимая температуру поверхности изоляции =40 °С, находим коэффициент теплоотдачи. (Краткий справочник тепловой изоляции. Гостоптехиздат,1962, табл.1.7) =20 ккал/м²×ч×град.

По уравнению [10] находим удельный тепловой поток:

По справочной литературе. (Краткий справочник тепловой изоляции. Гостоптехиздат, 1962, табл. 90) находим $\lambda_{из}=0,7 \text{ кал/м}\times\text{ч}\times\text{град}$. Подставляя найденное значение в уравнение:

$$\delta_{из} \left[\frac{\lambda_{из} \times (t_{f,1} - t_{w,2})}{q} \right] \quad (70)$$

где $t_{f,1}$ - температура внутренней поверхности изоляции; $t_{w,2}$ -температура наружной поверхности изоляции.

Получим толщину изоляции :

$$\delta_{из} = \left[\frac{0,75 \times (1000 - 40)}{708} \right] = 1,02 \text{ м}$$

По справочнику [10] подбираем размеры кирпича:

Стандартные размеры кирпича: $250 \times 123 \times 65$;

Толщину кирпичной кладки принимаем 65мм в два слоя.

3.5.3. Расчет на прочность труб печи

Радиантная камера:

Расчетное давление – 1МПа;

Расчетная температура – 845 °С;

Коэффициент запаса прочности $n_b = 2,4$ [13, с.36].

$$[\sigma] = \sigma_T / n_b,$$

$$[\sigma] = 5,7 / 2,4 = 2,38 \text{ кг/мм}^2.$$

Толщина стенки:

$$S_0 = P \times D_{\text{вн}} / (200 \times \varphi \times [\sigma] + P), \quad (14.6.4)$$

$$S_0 = 1,0 \times 132 / (200 \times 1 \times 2,38 + 3,5) = 0,28 \text{ мм.}$$

Коэффициент A_1 при минусовом отклонении 5% равен 0,05.

Конструктивно технологическая прибавка:

$$C_1 = A_1 \times S_0,$$

$$C_1 = 0,01 \times 0,50 = 0,005 \text{ мм}$$

Прибавка на коррозию $C_2 = 1 \text{ мм.}$

Толщина стенки трубы с учетом всех прибавок:

$$S = 0,96 + 0,005 + 5 = 5,965 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину = 8,4 мм.

Конвективная камера.

Расчетное давление - 1 МПа ;

Расчетная температура - 600 °С.

Предел текучести марки стали при 600 °C $\sigma_T = 37 \text{ кг/мм}^2$.

Толщина стенки по формуле :

$$S_0 = \frac{11 \times 132}{200 \times 1 \times 37 + 11} = 0,2 \text{ мм.}$$

Коэффициент A1 при минусовом отклонении 5% равен 0,05.

Конструктивно технологическая прибавка по формуле:

$$C1 = 0,05 \times 0,2 = 0,01.$$

Прибавка на коррозию $C2 = 1 \text{ мм}$.

Толщина стенки трубы с учетом всех прибавок:

$$S = 0,2 + 0,01 + 1 = 1,21 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину = 8 мм.

3.5.4. Расчет диаметров труб радиантной камеры

Процесс проводим в жестком режиме, т.е. температура 845 оС, давление –0,17 МПа, время контакта –0,32 секунды. Время контакта зависит от скорости процесса. Скорость больше при меньших диаметрах, но уменьшение диаметра ведет к повышению потери напора, что влечет за собой повышение давления. Это совершенно не желательно для процесса. Так как потери напора максимальны в конце радиантной камеры, то диаметр труб в конце радиантной камеры должен быть больше, чем в начале, этим мы уменьшим потери напора. Чтобы не уменьшилась (значительно) скорость, потоки объединяем сначала из четыре в два, а затем из двух в один. Диаметр труб

Поток газа войдя в радиантную камеру делится на четыре потока для увеличения интенсивности теплопередачи, за счет увеличения их удельной поверхности. Чтобы скорость процесса не падала уменьшаем диаметр труб. Принимаем $d_{н1}=130 \times 8,4$ мм.

Когда потоки объединяются из четырех в два, принимаем $d_{н2}=140 \times 8,4$ мм.

При объединении двух потоков в один, принимаем $d_{н3}=149 \times 8,4$ мм.

Определим время контакта при принятых диаметрах. При температуре 845°C оптимальная продолжительность пребывания реагентов в зоне высоких температур составила $\tau_{общ.} = 0,32$ с. Общее время пребывания газовой смеси в зоне реакции связано с оптимальным временем следующим соотношением:

$$\tau_{общ} = (1,8 \div 2,1) \times \tau_{орт}$$

Рассчитываем плотность парогазовой смеси на входе в радиантную камеру и пирогаза на выходе из нее, линейную скорость парогазовой смеси.

Плотность парогазовой смеси:

– при нормальных условиях (273 К и $0,101325$ МПа):

$$\rho'_0 = m/V,$$

$$\rho'_0 = 43750 / [(1033,883 + 694,444) \times 22,4] = 1,130 \text{ кг/м}^3.$$

– на входе в радиантную камеру при $T_{н}=913\text{К}$, $P_{н}=0,358$ МПа [7, с.162]:

$$\rho_{нач.} = \rho'_0 \times T_0 \times P_{н} / (T_{н} \times P_0),$$

$$1,130 \times 273 \times 0,35 / (893 \times 0,101325) = 1,193 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_0'' = \frac{43750}{52189} = 0,838 \text{ кг/м}^3,$$

– на выходе из радиантной камеры при $T_k=1125\text{K}$, $P_k=0,171 \text{ МПа}$:

$$\rho_{\text{кон}} = \rho_0'' \times T_0 \times P_k / (T_k \times P_0),$$

$$\rho_{\text{кон}} = \rho_0'' \cdot T_0 \cdot P_k / (T_k \cdot P_0),$$

$$\rho_{\text{кон}} = \frac{0,839 \times 273 \times 0,17}{1118 \times 0,101325} = 0,344,$$

Средняя плотность парогазовой смеси в радиантной камере:

$$\rho_{\text{ср.}} = \frac{1,193 \times 0,344}{2} = 0,205 \text{ кг/м}^3$$

Массовая скорость парогазовой смеси в радиантной трубе [5, с.53]:

$$W = \frac{m_{\text{пр}}}{3 \times 3600 \times 4 \times \rho_{\text{ср}} \times d_{\text{ВН}}^2},$$

$$W_1 = \frac{43750}{3 \times 3600 \times 4 \times 0,769 \times 0,113^2} = 103 \text{ кг/(м}^2 \times \text{с)},$$

$$W_2 = \frac{43750}{3 \times 3600 \times 4 \times 0,769 \times 0,123^2} = 87 \text{ кг/(м}^2 \times \text{с)},$$

$$W_3 = \frac{43750}{3 \times 3600 \times 4 \times 0,769 \times 0,132^2} = 76 \text{ кг/(м}^2 \times \text{с)},$$

$$W_{\text{ср}} = \frac{103 + 87 + 76}{3} = 89 \text{ кг/(м}^2 \times \text{с)}.$$

Линейная скорость парогазовой смеси:

– на входе в радиантную камеру:

$$\omega_k = \frac{89}{0,344} = 259 \text{ м/с,}$$

– средняя скорость:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_n + \omega_k}{2} = \frac{75 + 259}{2} = 167 \text{ м/с.}$$

Время пребывания смеси в радиантных трубах:

$$\tau_{\text{общ}} = \frac{10 \times 11}{167} = 0,65 \text{ с.}$$

где – 10 рабочая длина труб; 11- число труб в потоке.

Полученное общее время пребывания находится в заданном интервале:

$$\tau_{\text{общ}} = (1,8 \div 2,1) \times \tau_{\text{орт}} = 0,576 \div 0,672$$

Следовательно, значения диаметров приняты правильно.

3.5.5. Подбор вспомогательного оборудования

Закально-испарительный аппарат (ЗИА) предназначен для резкого охлаждения пирогаза, тепло которого используют для получения водяного пара высокого давления, последний направляют на паровые турбины, являющиеся приводами компрессоров установки [7].

ЗИА представляет собой вертикальный кожухотрубчатый теплообменник, соединенный с барабаном-паросборником. ЗИА – одноходовой аппарат; пирогаз направляют в трубное пространство,

Толщина стенки обечайки кожуха, мм	32
Длина (высота) общая, мм	6300
Число труб (dтр=32×4 мм)	150
Длина трубы, мм	4800

Поскольку ЗИА является теплообменным аппаратом, в нем не происходит массообменных процессов и в данном случае материальный баланс не берется.

3.5.6. Тепловой расчет ЗИА

В трубном пространстве ЗИА охлаждается пирогаз, который содержит: сухого газа – $15820,2/3600=4,395$ кг/с; водяного пара – $7910,1/3600=2,1973$ кг/с;

Температура пирогаза, °С:

на входе	845
на выходе	420

Давление пирогаза 0,45 МПа.

В межтрубное пространство подают умягченную воду при температуре 323 °С, соответствующей температуре кипения при давлении 12 МПа.

Цель расчета – определение паропроизводительности и тепловую нагрузку (теплого потока) аппарата.

$Q_{\text{вода}}$ - умягченная вода, кДж/ч;

$Q_{\text{охл.пирогаз}}$ - уходящий пирогаз, кДж/ч;

$Q_{\text{нас.вод.пар}}$ - насыщенный водяной пар, кДж/ч;

$Q_{\text{пот}}$ - теплотери в окружающую среду, кДж/ч.

Для определения значений $Q_{\text{пирогаз}}$ и $Q_{\text{охл.пирогаз}}$ рассчитывают средние объемные теплоемкости пирогаза при температуре $T=845+273=1118$ К и $T=420+273=693$ К соответственно.

Объемная теплоемкость водяного пара:

При $T=1118$ К, $C=42,00/22,4=1,8750$ кДж/м³×К;

При $T=693$ К, $C=37,49/22,4=1,6737$ кДж/м³×К ;

Тепловой поток пирогаза на входе в ЗИА:

$$Q_{\text{пирогаз}}=(G_{\text{сухого пирогаза}} \times \sum Q_{\text{компонентов пирогаза при 1118К}} + G_{\text{водяного пара}} \times C_{\text{при}}$$

$$T=1118\text{К}) \times (845+273), \text{ кВт} \quad (72)$$

$$Q_{\text{пирогаз}} = (4,3945 \times 7,8285 + 2,1973 \times 1,8750) \times (845+273) = 43067,91 \text{ кВт}$$

Таблица 3.5. Расчет средних объемных теплоемкостей

Компонент	T=1118 К	T=693 К
	C _i , Дж/(моль×К)	C _i , Дж/(моль×К)
H ₂	30,96	29,64
H ₂ S	16,5872	10,86

C6H6(вся ароматик)	213,92	174,61
C8H18 (парафины C5 и выше)	260,83	199,39
C11H24(ундекан)	623,74	461,21
C13H28(тридекан)	733,12	587,91
Σ	2543,457	1986,82

Тепловой поток
пирогаза на выходе из

ЗИА:

$$Q_{\text{охл.пирогаз}} = (G_{\text{сухого пирогаза}} \times \Sigma Q_{\text{компонентов пирогаза при } 693\text{K}} + G_{\text{водяного пара}} \times C_{\text{при } T=693\text{K}}) \times (420 + 273) \text{ , кВт} \quad (73)$$

$$Q_{\text{охл.пирогаз}} = (4,395 \times 6,118 + 2,1973 \times 1,6737) \times (420 + 273) = 21182,40 \text{ кВт.}$$

Тепловой поток умягченной воды [9]:

$$Q_{\text{вода}} = m_x \times 1455 \text{ кВт,}$$

где m_x – массовый расход умягченной воды (паропроизводительность), кг/с;

1455 – удельная энтальпия кипящей воды при $P=12$ МПа, кДж/кг.

Общий приход теплоты:

$$Q_{\text{пирогаз}} + Q_{\text{вода}} = 43067,91 + 1455 \times m_x \text{ кВт.}$$

Принимаем, что теплотери в окружающую среду составляют 5% от общего прихода теплоты, тогда

$$Q_{\text{пот.}} = 0,05 \times (43067,91 + 1455 \times m_x) = 2153,40 + 72,75 \times m_x \text{ кВт.}$$

Тепловой поток насыщенного пара [8]:

Паропроизводительность аппарата ($G_{\text{паропрот}}$) находят из уравнения:

$$G_{\text{паропрот}} = \frac{Q_{\text{испарения пара}}}{C_p \times (T_n - T_k)}, \text{ кг/ч} \quad (74)$$

Где T_n - температура на входе, К;

T_k - температура на выходе, К.

$$Q_{\text{испарения пара}} = \Delta H_{\text{пара}} \times G_{\text{пара}}; \quad (75)$$

$\Delta H_{\text{пара}} = 3325 \text{ кДж/кг}$ (при $P=0,45 \text{ МПа}$ и $T=420^\circ\text{C}$)

$$Q_{\text{испарения пара}} = 3325 \times 7910,1 = 26301082,50 \text{ кДж/ч} = 7305,86 \text{ кВт}$$

$$C_{p\text{пара}} = 42,12 \text{ кДж/кг} \times \text{К} = \frac{42,12 \times 1000}{3600} = 11,7 \text{ кВт/кг} \times \text{К}$$

$$G_{\text{паропрот}} = \frac{7305,86}{0,0117 \times ((845 - 420) + 273)} = 435853,87 \text{ кг/ч}$$

Потерей воды в процессе парообразования пренебрегают.

Уточняют статьи теплового баланса:

$$Q_{\text{вода}} = 12,21 \times 1455 = 17765,55 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{нас. вод. пар}} = 12,21 \times 2638 = 32209,98 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{пот.}} = 1627,57 + 72,75 \times 12,21 = 2515,85 \text{ кВт}.$$

3.6.2. Технологический расчет ЗИА

Необходимую площадь поверхности теплопередачи определяют

по формуле:

$$F_{\text{ап}} = \frac{Q_{\text{ап}}}{\varphi} \quad (76)$$

Тепловая нагрузка аппарата составляет $Q_{\text{ап.}}=1444430$ Вт.

Поверхностная плотность теплового потока [8]:

$$\varphi = k \times \Delta T_{\text{ср}}$$

Температурная схема теплообмена:

845 °С пирогаз \longrightarrow 420 °С,

323 °С смягченная вода \longleftarrow 323 °С,

$$\Delta t_{\text{max}}=845-323=522 \text{ °С},$$

$$\Delta t_{\text{min}}=420-323=97 \text{ °С}.$$

Средняя разность температур:

$$\Delta t_{\text{ср}}=(522-97)/[2,303 \times \lg(522/97)]=252,5 \text{ °С}, \Delta T_{\text{ср}}=252,5 \text{ К}.$$

Коэффициент теплопередачи определяют по формуле [8]:

$$K=(1/\alpha_1 + \sum r_{\text{ст}} + 1/\alpha_2)^{-1}; \quad (77)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от пирогаза к стенке трубы, Вт/(м²×К);

Теплофизические параметры пирогаза при средней температуре:

$$T_{\text{ср}} = \frac{845 + 420}{2} = 632,5 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ или } 905,5 \text{ К.}$$

Теплопроводность определяют по формуле:

$$\lambda = C \times \mu / Pr \quad (78)$$

где C - удельная теплоемкость, Дж/(кг×К);

μ - динамическая вязкость, Па×с;

Pr - критерий Прандтля для многоатомных газов

Удельную теплоемкость находят по формуле

$$C = \frac{Q_{\text{ан.}}}{(m \times t)}; \quad (79)$$

где C – удельная теплоемкость, Дж/(кг×К);

$Q_{\text{ан.}}$ – тепловой поток, Вт;

m – массовый расход, кг/с;

t – температура, °С.

Массовый расход пирогаза составит:

$$m = 15820,20 / 3600 = 4,395 \text{ кг/с,}$$

где 15820,2 – массовый расход пирогаза на установку, кг/с;

При $t=420\text{ }^{\circ}\text{C}$, $C=\frac{11670000}{4,395 \times 420}=6322,1\text{ Дж}/(\text{кг}\times\text{K})$.

Значение тепловых потоков в таблице 6.

Среднюю удельную теплоемкость при $t_{\text{ср}} = 632,5\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$C_{\text{ср}}=\frac{7990,7+6322,1}{2}=7156,4\text{ Дж}/(\text{кг}\times\text{K})$.

Для упрощения расчета динамической вязкости пирогаза приняты следующие упрощения:

В один поток «этан» объединены этан, пропан и бутан и углеводороды состава C5 и выше;

В один поток «этилен» объединены этилен, непредельные и ароматические углеводороды;

В один поток «водород» объединены CO₂, CO, H₂S и водород.

Таблица 3.6. Расчет динамической вязкости пирогаза

	n_i , кмоль/ч	x_i , %	M_i	$x_i \times M_i / 100$	$\mu_i \times 10^7, \text{Па}\times\text{с}$	$[x_i \times M_i / (100 \times \mu_i)] \times 10^{-7}$
CH ₄	2291,63	9,853	16	1,576	252	0,006256084
C ₂ H ₄	10039,59	43,167	28	12,086	255	0,04739936
C ₂ H ₆	2938,32	12,633	30	3,79	246	0,015407206
H ₂	235,4	1,012	2	0,02	188	0,000107676
H ₂ O	7752,47	33,333	18	6	310	0,019354839
Σ	23257,41	100	-	23,473	-	0,088525165

$\mu_{\text{см}}=(23,473/0,089)\times 10^{-7}=263,742\times 10^{-7}\text{Па}\times\text{с}$.

Принимают критерий Прандтля для многоатомных газов $Pr=1,0$.

Теплопроводности пирогаза:

Водяного пара: $\rho_{п}=69,72$ кг/м³ (при $P=101325$ Па $\rho_{п}=0,579$ кг/м³);

Умягченной воды: $\rho_{ж}=666,3$ кг/м³; $\lambda=49,67 \times 10^{-2}$ Вт/(м×К); $Pr=1,12$; $\sigma=9,195 \times 10^{-3}$ Н/м;
 $r=1797180$ Дж/кг.

Коэффициент теплоотдачи от пирогаза к стенке трубы аппарата определяют по формуле:

$$\alpha_1 = Nu \times \lambda / d \quad (80)$$

Для выбора формулы, по которой рассчитывают критерий Нуссельта, определяют критерий Рейнольдса:

$$Re = W \times d / \mu \quad (81)$$

Ранее было рассчитано, что в один ЗИА поступает $m_{п}=4,395$ кг/с пирогаза.

Массовая скорость пирогаза в трубном пространстве:

$$W = \frac{4,395}{1,1522 \times 0,024^2 \times 150} = 44,15 \text{ кг}/(\text{м}^2 \times \text{с}),$$

где 0,024 – внутренний диаметр трубы, м;

150 – число труб.

Критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{44,15 \times 0,024}{265,165 \times 10^{-7}} = 39960,0.$$

Формула для расчета критерия Нуссельта:

$$Nu = 0,023 \times Re^{0,8} \times Pr^{0,4} \quad (82)$$

$$\alpha_1 = 110,41 \times \left(\frac{20,8 \times 10^{-2}}{0,024} \right) = 956,89 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к кипящей воде определяют по формуле:

$$\alpha_2 = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot g}{\sigma}} \cdot \text{Nu}_{\text{кип}} \quad (83)$$

Критерий Нуссельта при кипении:

$$\text{Nu}_{\text{кип}} = 54 \times (\text{K}_0,6 / \text{Pr}_0,6) \quad (84)$$

Критерий К находят из выражения:

$$\text{K} = \varphi / (\rho_{\text{п}} \times r \times \omega), \quad (85)$$

где ω – произведение среднего диаметра пузырьков, возникающих при кипении, на число пузырьков, образующихся в единицу времени, м/с.

Определяют ω по формуле [8]:

$$\omega = 0,078 \times (\rho_0 / \rho_{\text{п}})^{1,1} = 0,078 \times (0,579 / 69,72)^{1,1} = 40,11 \times 10^{-5} \text{ м/с},$$

где ρ_0 – плотность водяного пара при давлении $P_0 = 101325 \text{ Па}$, кг/м³.

$$\text{K} = \varphi / (69,72 \times 1797180 \times 40,11 \times 10^{-5}) = \varphi / 50258.$$

Критерий Нуссельта:

$$\text{Nu}_{\text{кип}} = 54 \times \varphi^{0,6} / (502580,6 \times 1,120,3) = 78,87 \times 10^{-3} \times \varphi^{0,6}.$$

Коэффициент теплоотдачи:

где r_1 и r_2 – сопротивление слоев загрязнений с обеих сторон стенки трубы, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$;

0,004 – толщина стенки, м;

17,5 – теплопроводность нержавеющей стали, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$.

Коэффициент теплопередачи:

$$\kappa = [1/941,55 + 0,0005 + 1/(33,03 \cdot \varphi^{0,6})]^{-1}.$$

Поверхностная плотность теплового потока:

$$\varphi = \kappa \cdot \Delta T_{cp} = \frac{252,5}{1/941,55 + 0,0005 + 1/(33,03 \cdot \varphi^{0,6})} = \frac{252,5}{0,00156 + 0,030276 \cdot \varphi^{-0,6}};$$

$$0,00156 \times \varphi + 0,030276 \times \varphi^{0,4} - 252,5 = 0.$$

Для определения значения поверхностной плотности теплового потока по методу линейной интерполяции задаются значениями φ и подставляют их в полученное выше уравнение [4].

Принимают $\varphi_1 = 70000 \text{ Вт} / \text{м}^2$, тогда

$$0,00156 \times 70000 + 0,030276 \times 70000^{0,4} - 252,5 = -140,67.$$

Принимают $\varphi_2 = 170000 \text{ Вт} / \text{м}^2$, тогда

$$0,00156 \times 170000 + 0,030276 \times 170000^{0,4} - 252,5 = 16,44.$$

Истинное значение поверхностной плотности теплового потока:

$$\varphi = \frac{170000 - (170000 - 70000)}{16,44 - (-140,67)} \times 16,44 = 159535,99 \text{ Вт} / \text{м}^2.$$

$$F_a = 16703960 / 159535,99 = 105 \text{ м}^2.$$

3.5.7. Расчет диаметров штуцеров

Диаметр штуцеров для ввода и вывода реагентов определяется по формуле:

$$d = 1,13 \times \sqrt{\frac{V_\tau}{w}}; [1, \text{ с. 27}] \quad (86)$$

где V_τ = объемный расход пирогаза, м³/с;

w - линейная скорость потока пирогаза

Рассчитаем диаметр штуцера входа пирогаза

- выбираем согласно рекомендациям [1, с.272, таблица 18]

$V_\tau = 23,04 \text{ м}^3/\text{с}$ объемный расход пирогаза на входе в аппарат (при $T = 845 \text{ оС}$ и $P = 0,45 \text{ МПа}$),

$$d = 1,13 \times \sqrt{\frac{23,04}{46}} = 0,7997 \text{ м} = 800 \text{ мм}$$

Согласно таблице 10.1 [15, с.173] по ОСТ 26-1403-76 принимаем $d = 800 \text{ мм}$;

$S_T = 40 \text{ мм}$;

$w = 46 \text{ м/с}$ - выбираем согласно рекомендациям [1, с.272, таблица 18]

$V_T = 19,14 \text{ м}^3/\text{с}$ объемная скорость пирогаза на выходе из реактора (при $T = 420 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P = 0,45 \text{ МПа}$),

$$d = 1,13 \times \sqrt{\frac{19,14}{46}} = 0,7289 \text{ м}$$

Согласно таблице 10.1[15,с.173] по ОСТ 26-1413-76 принимаем $d = 850 \text{ мм}$.

$S_T = 40 \text{ мм}$;

$H_T = 450 \text{ мм}$

Все штуцера снабжаются приварными фланцами «выступ - впадина» по ГОСТ 12831- 67, размеры которых приведены в таблице 3.24

Материал фланца - 18Х3МВГОСТ 10500-63

Материал шпилек - сталь 35 ГОСТ 10500-63

Материал прокладки – металлографит МГ 140-6-Н ТУ 2577-004-56508584-03

Таблица 3.7. Размеры фланцев.

d усл	dт	h	Hт	b	z	d
800	800	42	390	116	12	55
850	545	39	430	101	8	33
150	545	39	430	101	8	33

3.6. Расчет теплообменника

Промежуточный теплообменник предназначен для нагрева оборотной воды за счет охлаждения паровоздушной смеси.

1. Определение тепловой нагрузки:

$$Q = G \times \Delta t \times C; \quad (87)$$

Расход газа $G = 322651,7 / 3600 = 22,4 \text{ кг/с}$,

Смесь охлаждается до 200°C .

Разность температур:

$$323 - 200 = 123^{\circ}\text{C}$$

Средняя температура газа:

$$\Delta t = \frac{323 + 200}{2} = 262^{\circ}\text{C}$$

Теплоемкость газа при 262°C : $C = 1587,48 \text{ Дж/м}^3 \times \text{К}$

Количество тепла :

$$Q = 22,4 \times 1587,48 \times 60 = 2133573,12 \text{ Вт}$$

2. Определение площади поверхности теплообмена определяется по формуле:

$$F = \frac{Q}{\dots}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_6 - t_M}{\ln(t_6/t_M)} \quad (89)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{323 - 200}{\ln(\frac{323}{200})} = 86,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ориентировочно коэффициент теплоотдачи $K=120$

$$F = \frac{2133573,12}{120 \times 86,56} = 205,4 \text{ м}^2$$

Подбираем теплообменник ГОСТ15122-79

Таблица 3.8. Теплообменник.

Внутренний диаметр	Общая длина	Поверхность теплообмена	Материал	
			800 мм	9500 мм

3.7. Результаты проведенного исследования (разработки)

3.7.1. Ежегодные нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов

Нормы представлены на 1 тонну олефинов при 100 % нагрузке.

2. Газ углеводородный сжиженный, м³/т	1,96
3. Этилен, кг/т	0,68
4. Пропилен, кг/т	1,48
5. Топливный газ, м³/т	1206
6. Азот, м³/т	31,4
7. Электроэнергия, кВт ч/т	289,5
8. Воздух технический, м³/т	128,7
9. Ингибитор полимеризации "ИПОН", кг/т	0,09
10. Жидкость охлаждающая, низкотемпературная, кг/т	0,16
11. Ингибитор полимеризации "Агидол – 1", кг/т	1

3.7.2. Ежегодные нормы образования отходов производства

Таблица 3.10. Перечень всех выбросов и сбросов в окружающую среду

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота выброса	Количество источников выброса	Суммарный объем отходов газов, нм ³ /г	Периодичность	T, °C	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК в атмосфере вредных веществ	Дополнительное количество нормируемых компонентов вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, кг/г
1. Дымовые газы печей пиролиза F1-F112, D _y = 6,6 м, Н = 120 м	13	643400	8000 ч/год	200-500	СО – 0,055 NO _x – 0,107		69,120 35,676
2. Газы от выжима кокса в печах пиролиза; D _y = 0,4 м, Н = 33 м	11	13000	Не более 3000 ч/год	400	СО		1,500
3. Дымовые газы из печи П4; D _y = 0,6 м, Н = 25 м	1	12304	8000 ч/год	300	СО – 0,263 NO _x – следы		0,005 3,240
4. Вентиляционные выбросы из здания	8	183600	постоянно	20	УВ – 0,009	300	1,793

					CH ₃ OH – следы	100	0,011
						300	0,173
					C ₂ H ₄ – следы	100	0,099
					C ₃ H ₆ – следы	15/5	0,749
					C ₄ H ₁₀ – 0,004	50	0,04
					C ₄ H ₈ – следы	60	0,058
					бензол – следы		0,058
					толуол – следы		0,058
					ксилол – следы		
5. Вентиляционные выбросы из здания газоанализаторной; Д _у = 0,4 м, Н = 13 м	2	7200	-	20	УВ - следы		0,0002
6. Вентиляционные выбросы из помещения лаборатории; Д _у = 0,6 м, Н = 17 м; В – 1. В – 14. В – 18	10	36000	-	20	УВ – 0,001	-	0,004
					В т.ч.:		
					бензол – следы	15/5	

В – 3, В – 15, В – 16				20	ксилол – следы	300	
					бензин – следы	300	
					ацетон – следы	-	
					гептан – следы	-	
					ССl ₄ – следы	-	
					H ₂ SO ₄ – следы	-	
					HCl – следы	-	
NH ₃ – следы	-						
7. Факел; D _y = 1,2 м, Н = 120 м; - контроль нормировки	1	400	По обстоятельству	-	СО – 15,820		10,308
					NO _x – 25,920		6,336
					NH ₃ – 0,049		1,728

<p>факел</p> <p>- пусковой режим</p>		60000	50 ч/год	-	<p>NO_x</p> <p>SO₂</p> <p>УВ</p> <p>CO – 5,796</p> <p>NO_x – 0,870</p> <p>NH₃ – 1,434</p> <p>SO₂ – 0,300</p> <p>сажа – 1,464</p>	<p>52,200</p> <p>347,760</p> <p>18,000</p> <p>86,040</p> <p>87,840</p>
<p>8. Неорганизационны е выбросы в атмосферу через негерметичное оборудование</p>		256 кг/ч	8000 ч/год	-	<p>УВ в т.ч.:</p> <p>а) предельные (метан, этан, пропан, бутан);</p> <p>б) непредельные (этилен, пропилен</p>	<p>256,000</p> <p>60,000</p> <p>184,000</p>

					е (бензол,толуо л)		12,000
--	--	--	--	--	--------------------------	--	--------

3.7.3. Нормы технологического режима

Нормы технологического режима - это показатели качества, обязательные для проверки, вносятся показатели, регламентирующие содержание в сырье, промежуточных продуктах и готовой продукции компонентов, вызывающих коррозию металлов

Технологический контроль производства осуществляется автоматической системой управления предназначенной для:

- обеспечения оперативности сбора, обработки и предоставления достоверной и своевременной информации оперативному и диспетчерскому персоналу.

- контроль технологических параметров.

- улучшение условий эксплуатации технологических объектов.

- обеспечение рациональной нагрузки технологического персонала.

- автоматизация управления технологическим процессом

Таблица 3.11. Нормы технологического режима.

Наименование и потоков	
------------------------	--

2. Пар П8 (разбавления)	640-964		6-13 (0,6-1,32)	Мольное соотношение бензин: пар=1:0,4
3. Паровоздушная смесь на входе в радиантную камеру		550-620	3,5 (0,35)	Плотность паровоздушной смеси 1,193
4. Паровоздушная смесь на выходе из радиантной камеры	4050-5470	760-855	1,7-2,3 (0,17- 0,23)	плотность пирогаза 0,344
5. Топливный газ	2000-4900		3 (0,3)	уровень 30-70%
6. Питательная вода в барабан		320-450	104-133 (10,4- 13,3)	
7. Дымовые газы -на перевале -на выходе		810-1200 180-275		
8. Пирогаз после ЗИА		320-450		

3.7.4. Контроль производства и управление технологическим процессом

Технический контроль является неотъемлемой частью производственного процесса. Он выполняется различными службами предприятия в зависимости от объекта контроля. Так, контроль за правильным использованием стандартов, технических условий, руководящих материалов и другой нормативно–технической документации в процессе подготовки производства осуществляет служба нормоконтроля. Качество технической документации контролируется непосредственными исполнителями и руководителями всех уровней в отделах главного конструктора, главного технолога и других служб предприятия. Но контроль качества готовой продукции и полуфабрикатов производства осуществляет отдел технического контроля (ОТК), хотя ответственность за качество не снимается с исполнителей и руководителей производственных подразделений(цехов и участков).

Основной задачей технического контроля на предприятии является своевременное получение полной и достоверной информации о качестве продукции, состоянии оборудования и технологического процесса с целью предупреждения неполадок и отклонений, которые могут привести к нарушениям требований стандартов и технических условий

Технический контроль призван обеспечивать требуемую настроенность процесса производства и поддерживать его стабильность, то есть устойчивую повторяемость каждой операции в предусмотренных технологических режимах, нормах и условиях

Функции технического контроля определяются во многом размером и

Главные задачи ОТК – предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям стандартов, технических условий, эталонов, технической документации, договорным условиям, укрепление производственной дисциплины и повышение ответственности всех звеньев производства за качество выпускаемой продукции

Свойства веществ и материалов, производимой и реализуемой продукции, изучаются с использованием методов современной аналитической химии, которые направлены на решение задач управления качеством продукции.

В ходе протекания химико-технологических процессов производства продукции изменяются химический состав перерабатываемых веществ и их свойства. Контроль этих параметров позволяет непосредственно судить о режиме процесса, составе получаемых продуктов, а скорость получения данных своевременно вносить соответствующие корректировки. Поэтому на химических предприятиях применяются методы автоматизированного контроля, которые реализуются с применением приборов называемых анализаторами.

Автоматизированные системы аналитического контроля продукции обычно монтируются как в специально оборудованных производственных помещениях (анализаторных), так и в непосредственной близости от аппаратов, в которых протекают технологические процессы производства продукции. Они представляют собой совокупность, взаимодействующих между собой технологической среды и технических устройств, отбора

Методика автоматизированного контроля химико-технологических процессов, как правило, разрабатывается на стадии проектирования системы контроля конкретного производства. При её разработке применяются типовые методы анализа веществ, а в отдельных случаях разрабатываются новые.

Для обеспечения качества и единства полученных результатов анализа в методике обосновывается периодичность поверки автоматизированной системы аналитического контроля. Кроме того, излагаются функции ведомственной метрологической службы, как во время поверки, так и в межповерочный период.

Особое внимание в методике уделяется параметрам объектов аналитического контроля:

- составу и свойствам контролируемых компонентов или технологической среды в целом;

- мешающим компонентам, изменению концентрации и фазового состояния технологической среды;

- внутренним и внешним факторам, оказывающим влияние на процесс контроля.

Аналитический контроль в значительной степени опирается на физико-химические методы.

Физико-химические методы анализа близко подходят к физическим методам, основанным на измерении только физических свойств вещества. И в физических, и в физико-химических методах используют разнообразную аппаратуру, поэтому их объединяют под общим названием инструментальных методов. Измеряют такие свойства, как теплоты реакций, плотность, поверхностное натяжение, вязкость, показатели преломления, полуэлектродные потенциалы, электрическую проводимость, флуоресценцию, вращение плоскости поляризации, помутнение, излучение радиации, поглощение лучистой энергии.

3.7.5. Аналитический контроль технологического процесса печей пиролиза

Таблица 3.12. Аналитический контроль технологического процесса

Наименование сырья, материалов, продукта и место отбора	Контролируемый параметр	Единицы измерения	Нормы контролируемых параметров	Частота контроля	Обозначение МВИ	Кто отбирает	Кто контролирует
1. Бензин - сырье пиролиза (из трубопровода перед Т-2)	1. Фракционный состав, температура:	°С	по факту	по требованию	ГОСТ 2177-82	аппаратчик перегонки, лаборант химического анализа	лаборант химического анализа
	- начало кипения		по факту				
	- 50 % отгона		по факту				
	- конец кипения		по факту				
	2. Групповой состав, массовая доля:	%		по требованию			

	- парафиновые		по факту		МКХА-30-14-07-03		
	- в т.ч. изопарафиновые		по факту		МКХА-30-14-07-03		
	3. Испытания на медную пластинку	%	выдерживает	по требованию	ГОСТ 6321-92		
	4. Массовая доля серы	г/см ³	не более 0.12		ГОСТ 19121-73		
	5. Плотность при 20 °С		0.65-0.73	по требованию	ГОСТ 3900-85 р.1		
	6. Наличие водорастворимых кислот и щелочей	%	отсутствие	по требованию	ГОСТ 6307-75		
	7. Массовая доля		не более 0.001	по требованию	МКХА-30-14-07-03		

	8.Содержание воды и мех.примесей			по требованию	п.4.6		
				по требованию			
2. ПБФ (пропанбутановая фракция) - сырье пиролиза (из трубопровода после Т-2/3) (А-02-16)	1. Массовая доля: - метана - этана - этилена - пропана - пропилена - сумма углеводородов C ₄ и выше 2.Свободная вода	%	по факту по факту по факту по факту по факту по факту отсутствие	1 раз в сутки	ГОСТ 10679-76, изм.1,2 ТУ 38.101524-93, изм. 1,2,3, п.5.2 ТУ 38.101524-93, изм. 1,2,3, п.5.4	аппаратчик перегонки, лаборант химического анализа	лаборант химического анализа

	3.Щелочь		отсутствие	по требованию			
3. Пирогаз после печей пиролиза бензина (ПБФ) из трубопровода на выходе из ЗИА Е-11А,В-Е-14А,В, Е-16А,В - Е-19А,В (после 2-х ЗИА), 8 потоков (W-12С, W-14С, W-16С, W-18С)	1 Массовая доля: - водород - окиси углерода - двуокиси углерода - метана - ацетилена - этилена - этана - пропилена - пропана - суммы углеводородов С ₄ - суммы углеводородов С ₅	%	по факту по факту по факту по факту по факту по факту по факту по факту по факту по факту	1 раз в сутки	МКХА-30-14-07-06 МКХА-30-14-07-07 МКХА-30-14-07-07 МКХА-30-14-07-05 МКХА-30-14-07-08 МКХА-30-14-07-04 МКХА-30-14-07-04 МКХА-30-14-07-04 МКХА-30-14-07-04 МКХА-30-14-07-04	аппаратчик пиролиза, лаборант химического анализа лаборант химического анализа	лаборант химического анализа

	2.Плотность по расчету	г/дм ³	не нормируется	по требованию	МИ-30-14-07-12		
	3.Массовая концентрация сероводорода	г/м ³	не более 2.9	по требованию	ГОСТ 22387.2-83		
4. Пирогаз после печей пиролиза этана на выходе из ЗИА Е-21А,В; Е-22А,В (W-21С, W-22С)	1. Массовая доля - водород - окись углерода - двуокись углерода - метана - ацетилена - этилена - этана - пропилена - пропана	%	не более 4.0 не более 0.6 не более 0.14 по факту не более 0.15 по факту по факту не более 2.0 по факту	по требованию	МКХА-30-14-07-06 МКХА-30-14-07-07 МКХА-30-14-07-07 МКХА-30-14-07-05 МКХА-30-14-07-08 МКХА-30-14-07-04 МКХА-30-14-07-04 МКХА-30-14-07-04 МКХА-30-14-07-04	аппаратчик пиролиза, лаборант химического анализа	лаборант химического анализа

	углеводородов C ₅ и выше		по факту		МКХА-30-14-07-04		
	2.Массовая концентрация сероводорода	г/м ³	не более 0.14	по требованию	ГОСТ 22387.2-97		
	3. Плотность по расчету	г/дм ³	не нормируется	по требованию	МИ 30-14-07-12		
5. Этановая фракция после Т-40 (А-05-16)	1. Объемная доля: - этилена - этана - пропилена	%	не более 1.5 95-98 не более 3.0	1 раз в сутки	МКХА 30-14-07-04 МКХА 30-14-07-04 МКХА 30-14-07-04	аппаратчик газоразделения, лаборант химического анализа	лаборант химического анализа
6. Пропановая фракция рецикл после Т-70а (А-05-27)	1.Полный состав, объемная доля: C ₂ H ₆ + C ₃ H ₈	%	не менее 75	2 раза в сутки	МКХА 30-14-07-04	аппаратчик газоразделения, лаборант	лаборант химического анализа

	+пропидиена		не более 25		МКХА 30-14-07-04		
	- сумма C ₄ ,		не более 4		МКХА 30-14-07-04		
7. Газы выжига печей пиролиза (W-12C, W-14C, W-16C, W-18C, W-21C, W-22C)	1.Объемная доля углекислого газа - во время выжига - в конце выжига	%	не более 17.0 не более 0.2	по требованию через 4 часа	МКХА-30-14-07-07 МКХА-30-14-07-07	аппаратчик пиролиза, лаборант химического анализа	лаборант химического анализа
8. Дымовые газы после печей пиролиза (А-01-4)	1.Объемная доля окиси углерода 2.Объемная доля двуокиси углерода	% %	не более 0.2 3.2 - 5.0	по требованию по требованию	МКХА-30-14-07-07 МКХА-30-14-07-05	аппаратчик пиролиза, лаборант химического анализа	лаборант химического анализа
9. Пар водяной насыщенный (П128) из коллектора (W-00, W-10)	1.Определение рН		8.0-9.5	по требованию, но не реже 1 раз	МКХА-30-14-02-12	аппаратчик пиролиза, лаборант	лаборант химического анализа

	натрия					
	3.Массовая концентрация кремневой кислоты	мкг/дм ³	не более 25		МКХА-30-14-07-31	
	4.Концентрация аммиака	мкг/дм ³	не более 500		МКХА-30-14-03-07	
	5.Удельная электропроводность при (25±0.1) °С	мкСм/см	не более 1		МКХА-30-14-02-29	
	6.Массовая концентрация железа	мкг/дм ³	не более 30		МКХА-30-14-02-25	
	7.Концентрация фосфат-ионов	мкг/дм ³	по факту		МКХА-30-14-07-56	

<p>10. Раствор тринатрийфосфата в емкости V-02 (W-04C)</p>	<p>1. Массовая доля тринатрийфосфата</p>	<p>%</p>	<p>0.1-2.0</p>	<p>по требованию</p>	<p>МКХА 30-14-02-30</p>	<p>аппаратчик пиролиза, лаборант химического анализа</p>	<p>лаборант химического анализа</p>
<p>11. Трубопроводы и аппараты при ремонте технологического оборудования и места проведения огневых и газоопасных работ</p>	<p>1. Объемная доля взрывопожароопасных, взрывоопасных продуктов: - газоопасные работы - огневые работы 2. Объемная доля кислорода</p>		<p>не более 20 % от НКПВ отсутствие</p>	<p>по требованию</p>	<p>Инструкция по определению содержания кислорода взрывопожароопасных, взрывоопасных продуктов в воздушных средах и продувочных газах при подготовке к проведению огневых и газоопасных работ (402-Ц-16) Техническое описание и инструкция по эксплуатации сигнализатора СТХ-5, СГГ-2 ГОСТ 5439-76</p>	<p>аппаратчик пиролиза, аппаратчик перегонки, лаборант химического анализа</p>	<p>лаборант химического анализа</p>

	азоте	%	не более 1,0 (не более 20% от НКПВ метана)	по требованию			
--	-------	---	---	------------------	--	--	--

12. Химзагрязненные колодцы, (канализация К-13, К-7)	1. Объемная доля взрывопожароопасных, взрывоопасных продуктов (воздушная среда)	%	не более 20 % от НКПВ	по требованию	Инструкция по определению содержания кислорода взрывопожароопасных, взрывоопасных продуктов в воздушных средах и продувочных газах при подготовке к проведению огневых и газоопасных работ (402-Ц-16)	аппаратчик пиролиза, аппаратчик перегонки, лаборант химического анализа	лаборант химического анализа
	2. Объемная доля кислорода (воздушная среда)	%	не менее 20.0	по требованию			
	3. Концентрация нефтепродуктов (сточные воды)	мг/дм ³	не более 50.0	по требованию	Техническое описание и инструкция по эксплуатации сигнализатора СТХ-5, ЭТХ-1, СГГ-2 ГОСТ 5439-76 МИ 30-14-08-11		
13. Промдирверсия	1. Объемная доля	%	не более 20 %	по	Инструкция по оп	аппаратчик	лаборант

	<p>(воздушная среда)</p> <p>2. Объемная доля кислорода (воздушная среда)</p>				<p>продуктов в воздушных средах и продувочных газах при подготовке к проведению огневых и газоопасных работ</p> <p>(402-Ц-16)</p> <p>Техническое описание и инструкция по эксплуатации сигнализатора СТХ-5, ЭТХ-1, СГГ-2</p> <p>ГОСТ 5439-76</p> <p>МИ 30-14-08-11</p>	<p>аппаратчик перегонки, лаборант химического анализа</p>	
--	--	--	--	--	--	---	--

	нефтепродуктов (сточные воды)	% мг/дм ³	не менее 20.0 не более 1,75	требованию по требованию			
14. Азот в трубопроводах и аппаратах перед приемкой в них углеводородов	1. Объемная доля кислорода	%	не более 0.5	перед приемкой углеводородов	МКХА 30-14-07-05	аппаратчик пиролиза, аппаратчик перегонки, лаборант химического анализа	лаборант химического анализа

3.7.8. Размещение технологического оборудования

Узел пиролиза углеводородного сырья, представляет общую линию печей пиролиза бензина и этана, находящуюся на улице. Все аппараты данной линии, находясь на открытой площадке, размещаются на разных высотных отметках установки оборудования (уровнях). Вертикальные и горизонтальные аппараты расположены на высотных отметках: 0,000; 1900; 2700 мм.

На компоновочном чертеже представлены выполненные из стали аппараты, установленные в горизонтальном и вертикальном положении: печи пиролиза бензина и этана, дренажная емкость, дымовая труба, циклоны, пароотделительные барабаны. На схеме указаны расстояния между этими аппаратами и их осями. Оборудование, находящееся на нулевой отметке установлено на фундаменте, а аппараты, расположенные на высотных отметках устанавливаются на железобетонных конструкциях.

Высотные аппараты, которые имеют большую высоту, и уход за которыми многие метры вверх, снабжены площадками обслуживания, металлические подмостками. По всей высоте таких аппаратов расположены решетчатые лестницы, опоясывающие площадки на разных уровнях периметру аппаратов, на разных высотных площадках расположены оборудование аппарата и его обвязка: предохранительные клапана, люк, приборы КИПиА и т.д.

4.Предпроектный анализ

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: установки пиролиза бензина.

Целевой рынок: предприятия нефтеперерабатывающей отрасли промышленности

4.2. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Таблица 4.1. SWOT-анализ

Внешняя среда	Возможности	Угрозы
	<ul style="list-style-type: none">1. Растущий рынок2. Отсутствие жесткой конкуренции на рынке3. Наличие стабильного рынка сбыта4. Хорошая репутация среди потребителей .5. Поддержка со стороны государственных органов власти.6. Снижение процентных ставок	<ul style="list-style-type: none">1. Рост цен на сырьевые материалы2. Изменение законодательства3. Природные катастрофы4. Высокая степень контроля бизнеса со стороны государства5. Дефицит специалистов6. Отсутствие нормативов по стандартизации новых технологий.7. Развитие альтернативных технологий и аналогов
Внутренняя среда		

		оборудования.
<p>Сильные стороны</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Опыт 2. Команда высококвалифицированных специалистов 3. Четкая организационная структура 4. Высокотехнологичное оборудование 5. Известность предприятия 6. Приемлемый уровень цен 7. Динамичное развитие отрасли 8. Система профессионального обучения и повышения квалификации 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличение объемов производства 2. Установление конкурентоспособных цен и быстрая обработка заказов 3. Поддержание репутации предприятия 4. Освоение новых рынков 5. Улучшение корпоративной культуры 6. Стремление к увеличению объема совместных с иностранными партнерами проектов по производству 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модернизация оборудования 2. Закупка сырья по наиболее выгодным ценам и на более длительный период 3. Поддержка местных властей по финансированию социальных проектов
<p>Слабые стороны</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокие издержки производства 2. Непостоянство денежного потока из-за большого периода оборота 3. Нечеткое распределение обязанностей сотрудников 4. Недостаток финансовых средств (оборотных и для осуществления стратегических инициатив) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить постоянные издержки производства 2. Контроль за издержками на производстве, сокращение количества незавершенной продукции, поиск путей сокращения переменных затрат 3. Установление четкой системы обязанностей внутри компании 4. Перевооружение производственных мощностей 5. Продажа или сдача 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стратегия долгосрочного привлечения финансового капитала 2. Создать из своих работников единую команду 3. Привлечение инвестиций. 4. Изучение и проработка всех возможных кризисных ситуаций

	в аренду лишних территорий и площадей	
--	---------------------------------------	--

4.3. Организация и экономика производства мономеров

4.3.1. Расчёт производственной мощности

Под производственной мощностью химического предприятия (производственного цеха) понимаются максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренный на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования, площадей в результате внедрения инноваций или проведения организационно-технических мероприятий.

Расчёт производственной мощности для непрерывного производства производится по формуле:

$$M = P_{\text{час.}} \times T_{\text{эф.}} \times K_{\text{об.}},$$

где $P_{\text{час.}}$ – часовая производительность оборудования, кг/час;

$T_{\text{эф.}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования за год выпуска данного вида продукции, час;

$K_{\text{об.}}$ – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

В общем виде величина эффективного времени выразится следующим образом:

$$T_{\text{эфф.}} = T_{\text{ном.}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}},$$

где $T_{\text{ном.}}$ – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период (для расчета $T_{\text{ППР}}$ необходимо построить график ППР с указанием времени работы оборудования и времени простоя в ремонтах);

$T_{\text{ТО}}$ – время технологических остановок.

$$T_{\text{ном.}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр.}},$$

где $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр.}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 4.2. Баланс рабочего времени оборудования.

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	365 (8760)
Режимные потери рабочего времени	
- выходные	0
- праздничные	0
Номинальный фонд рабочего времени	365 (8760)
Простой оборудования в ремонтах	31 (760)
Эффективное время работы оборудования за год	333 (8000)

$$T_{\text{ном.}} = (365 - 0 - 0) \times 24 = 8760 \text{ часов}$$

$$T_{\text{эфф.}} = 8760 - 760 - 0 = 8000 \text{ часов}$$

Производственная мощность непрерывного производства = 30 т/год.

Из формулы (34) находим техническую норму производительности

$$P_{\text{час.}} = M / (K_{\text{об}} \times T_{\text{эф.}}) = 300\,000 \text{ т/год} / (1 \times 8\,000 \text{ час}) = 37\,500 \text{ кг/ч}$$

Для анализа использования оборудования рассчитывают экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{экс}} = T_{\text{эф}} / T_{\text{н}},$$

$$K_{\text{экс}} = 8000 / 8760 = 0,913$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{инт}} = Q_{\text{пп}} / Q_{\text{max}}$$

где $Q_{\text{пп}}$ – производительность единицы оборудования в единицу времени;

Q_{max} – максимальная производительность в единицу времени.

$$K_{\text{инт}} = 1,09 / 1,1 = 0,99$$

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{\text{им.}} = K_{\text{экс}} \times K_{\text{инт}},$$

$$K_{\text{им.}} = 0,913 \times 0,99 = 0,90$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывают производственную программу ($N_{\text{год}}$):

$$N_{\text{год}} = K_{\text{им}} \times M$$

где $K_{\text{им}}$ – коэффициент использования мощности.

$$N_{\text{год}} = 0,90 \times 300\,000 = 270\,000 \text{ т/год}$$

Вывод:

Таблица 4.3. Производственная программа предприятия.

№ п/п	Наименование показателя	Величина показателя по год	
		1 год	2 год
1	Этапы загрузки мощности, %	89,3%	100%
2	Объем производства, т/год	300000	336000
3	Цена за единицу продукции, руб/т	5260	5260
4	Объем продаж, руб.	1578000000	1735800000

4.3.2. Расчет годового фонда заработной платы цехов персонала

4.3.2.1. Расчет численности персонала

Установка пиролиза углеводородного сырья работает непрерывно, поэтому бригада формируется по принципу сменности. Согласно заводским данным графиком работы персонала является четырехсменная бригада. График сменности представляет собой изображение очередности работы работающих на работы, А, Б, В, Г – условное обозначение бригад.

Таблица 4.4.. График режима работы смен на январь 2015 г.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт
А	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1			
Б			1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2		
В	1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				
Г		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2						

- 1- смена с 8 до 20 часов
- 2- смена с 20 до 8 часов.

График сменности четырёх–бригадного режима работы на янв
2015 года приведен в таблице 19.

Штатное расписание установки пиролиза углеводородного с
приведено в таблице.

Для эффективного фонда рабочего времени составим баланс вре
одного среднесписочного рабочего.

Эффективное количество часов работы одного среднесписоч
рабочего определяется:

$$T_{\text{эфф.раб}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пл.пот}} = 365 - 121 - 37 = 207 \text{ дн.} \quad ($$

где $T_{\text{кал}}$ – календарный фонд времени работы од
среднесписочного рабочего, человек;

$T_{\text{пл.пот}}$ – время плановых потерь, ч.;

$T_{\text{вых}}$ – число нерабочих часов в выходные дни, ч.

На производстве организованы 4 смены. Каждая смена работа
часов с компенсацией за работу в выходные дни. Это достиг
применением четырёх бригадного графика сменности.

Длительность сменооборота

$$T_{\text{см.об}} = a \times b = 4 \times 2 = 8 \text{ дн}$$

где $T_{\text{см.об}}$ – длительность сменооборота, дней;

a- количество бригад, шт;

в- число дней, в течение которых бригада работает в одну смену,

$$T_{\text{см.об}} = 4 \times 2 = 8 \text{ дн}$$

Количество выходных дней:

$$T_{\text{вых}} = T_{\text{кал}} / T_{\text{см.об}} \times n$$

где $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней, дн;

$T_{\text{кал}}$ – календарный фонд времени работы одного среднесписочного рабочего, дн;

$T_{\text{см.об}}$ – длительность сменоборота, дн;

n – количество дней за сменоборот, дн.

Одна смена работает два дня в день – один день отдыха – два дня в ночь – два дня отдыха и т.д.

$$T_{\text{вых}} = 365 / 8 \times 2 = 91 \text{ день}$$

Продолжительность рабочих смен в сменобороте находим по следующей формуле:

$$T_{\text{раб.см}} = T_{\text{см}} - n$$

где $T_{\text{см}}$ – длительность сменоборота, дн;

n – количество выходных дней.

$$T_{\text{раб.см}} = 8 - 2 = 6$$

Находим номинальный фонд рабочего времени.

$$T_{\text{раб}} = T_{\text{кал}} \times T_{\text{раб.см}} / T_{\text{см}}$$

$$T_{\text{раб}} = 365 \times 6 / 8 = 273 \text{ дн.}$$

Находим количество персонала (производственного) работающего посменно:

$$Ч_{\text{яв}} = Ч_{\text{шт}} \times S$$

где $Ч_{\text{яв}}$ – явочная численность производственного персонала работающего посменно, человек;

$Ч_{\text{шт}}$ – штатное количество человек, работающих в смену, человек;

S – число смен, $S = 4$.

$$Ч_{\text{яв}} = 15 \times 4 = 60 \text{ человек}$$

Таблица 4.5. Штатное расписание.

Наименование должности, профессии	Категория	Кол. шт. ат. ед.	Оклад/ часово й тариф	Районный коэффициент
1	2	3	4	5
Руководство				
1. Директор	ИТР	1	Контракт	
2. Зам. директора по общим вопросам	ИТР	1	Контракт	
3. Главный инженер	ИТР	1	Контракт	
4. Главный механик	ИТР	1	Контракт	
5. Зам. гл. механика	ИТР	2	16800	10080 43680
6. Главный энергетик	ИТР	1	17200	5160 22360
7. Инженер по организации, эксплуатации и ремонту оборудования	ИТР	1	Контракт	
8. Инженер по комплектации оборудования и материалов	ИТР	1	17420	5226 22640
9. Главный метролог	ИТР	1	Контракт	
10. Инженер по организации, эксплуатации и ремонту КИПиА	ИТР	1	17200	5160 22360
11. Инженер по комплектации оборудования и материалов КИПиА	ИТР	1	17200	5160 22360
12. Инженер – технолог 1 категории	ИТР	2	17150	10290 44590
13. Начальник ПЭО	ИТР	1	22890	6867 29757

14. Ведущий экономист по труду	ИТР	1	18250	5475	23725
15. Инженер контролер	ИТР	2	16030	9618	41678
16. Зам. гл. энергетика по тепловодогазоснабжению	ИТР	1	17050	5115	22165
17. Зам. гл. энергетика по электроснабжению	ИТР	1	17050	5115	22165
18. Инженер по организации, эксплуатации и ремонту электрооборудованию	ИТР	1	14920	4476	19396
19. Начальник ПТО	ИТР	1	15670	4701	20371
20. Мастер АХО	ИТР	1	11200	3360	14560
21. Делопроизводитель	ИТР	1	11420	3426	14846
22. Табельщик	ИТР	1	9900	2970	12870
Итого по руководству		25		92199	39952
Установка пиролиза углеводородного сырья					
23. Начальник установки	ИТР	1	Контракт		
24. Заместитель начальника установки	ИТР	2	Контракт		
25. Механик установки	ИТР	1	Контракт		
26. Начальник отделения пиролиза углеводородного сырья	ИТР	2	17650	10590	45890
27. Начальник смены	ИТР	5	17300	25950	11245
28. Начальник лаборатории по контролю производства	ИТР	1	Контракт		
29. Химик цеховой лаборатории	ИТР	2	15370	9222	39962
30. Инженер по ремонту и обслуживанию технологического оборудования	ИТР	1	18420	5526	23946
31. Механик отделения пиролиза	ИТР	2	17230	10338	44798
Итого по установке		17		61626	26704
Общецеховой персонал					
32. Маляр 5 разряда	МОП	1	9830	2949	12779
33. Уборщик производственных помещений	МОП	4	7580	9096	39416
34. Рабочий, занятый на погрузочно – разгрузочных работах	МОП	2	11900	7140	30940
35. Заведующий складом	МОП	2	8370	5022	21762
Итого общецехового персонала		9		24207	10489
<u>РАБОЧИЕ</u>					
Участок по ремонту и обслуживанию средств КИП и А					
36. Слесарь КИПиА 6 разряда	раб	5	76,4	20628	89388
37. Слесарь КИПиА 5 разряда	раб	8	72,8	31145	13597
Итого по участку		13		51773	22536
Участок по ремонту и обслуживанию электрооборудования					
38. Электромонтёр по ремонту и обслуживанию электрооборудования 6 разряда	раб	4	76,4	16502	71510
39. Электромонтёр по ремонту и обслуживанию электрооборудования 5 разряда	раб	4	72,8	15725	68141
Итого по участку		8		32227	13965
Участок по ремонту и обслуживания технологического оборудования					

40. Слесарь - ремонтник 6 разряда	раб	8	76,4	33005	14302
41. Слесарь - ремонтник 5 разряда	раб	4	72,8	15725	68141
Итого по участку		12		48730	21116
Отделение пиролиза углеводородного сырья					
42. Аппаратчик 6 разряда	раб	8	76,4	33005	14302
43. Аппаратчик 5 разряда	раб	8	72,8	31145	13597
Итого по отделению		16		64150	27899
Цеховая лаборатория по контролю производства					
44. Лаборант химанализа 5 разряда	раб	8	68,1	29419	12748
45. Лаборант химанализа 4 разряда	раб	4	59,8	12917	55973
Итого по лаборатории		12		42336	18345
Итого по заводу		12		38824 8	18101

Списочная численность:

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \times K_{пер} \quad (103)$$

где $K_{пер}$ – коэффициент перехода от явочной численности к списочной.

$$K_{пер} = T_{эфф.об.} / T_{эфф.раб.} \quad (104)$$

$$\text{где } T_{эфф.об.} = T_{вых} + T_{эфф.раб.} = 2904 + 4968 = 7872 \text{ ч.}$$

$T_{эфф.раб.}$ – эффективный фонд рабочего времени одного среднесписочного рабочего, ч.;

$$T_{эфф.раб.} = 4968$$

$$K_{пер} = 7872 / 4968 = 1,58$$

По формуле 47 списочная численность равна:

$$N_{сп} = 60 \times 1,58 = 95 \text{ человек}$$

Таблица 4.6. Баланс рабочего времени одного среднесписочного рабочего

№ п/п	Показатели	Дни	Часы
1	Календарный фонд рабочего времени	365	8760
2	Нерабочие дни <ul style="list-style-type: none"> • выходные • праздничные 	121	2904
		0	0
3	Номинальный фонд рабочего времени	244	5856
4	Планируемые невыходы <ul style="list-style-type: none"> • очередные и дополнительные отпуска • невыходы по болезни • декретные отпуска • отпуск в связи с учебой без отрыва от производства • выполнение государственных обязанностей 	28	672
		7	168
		0	0
		1	24
		1	24
5	Эффективный фонд рабочего времени	207	4968

4.3.3. Расчет фонда заработной платы

На рассматриваемом предприятии оплата труда рабочих повременная, премиальная, на основе часовых тарифных ставок, установленных на предприятии, присвоенных квалификационных разрядов (семнадцатиразрядная сетка) и фактически отработанного времени.

Труд руководителей, специалистов и служащих оплачивается согласно установленной разрядной таблицы за фактически отработанное время.

Рабочим руководителям и специалистам работа в ночное время оплачивается в повышенном размере на 40 %. Компенсационная доплата выплачивается в размере 10 % за тяжелые условия труда.

Работа в праздничные дни оплачивается работникам, труд которых оплачивается по часовым тарифным ставкам – в размере двойной часовой тарифной ставки.

Тарифный фонд заработной платы рассчитывается на основе тарифной сетки.

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$Z_{\text{год}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основной фонд заработной платы рабочих, тыс. руб.

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительный фонд заработной платы рабочих, тыс. руб.

Основной фонд заработной платы для рабочих повременников:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар}} + \text{Пр} + D_{\text{н.вр}} + D_{\text{пр.дни}} + D_{\text{бриг}}$$

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

Пр – оплата премий, тыс. руб;

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

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

$D_{\text{бриг}}$ – доплата не освобожденным бригадирам, тыс. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$З_{\text{тар}} = \sum Ч_{\text{сп}} \times T_{\text{ст}} \times T_{\text{эф.раб}},$$

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

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

Для примера приведен расчёт месячной заработной платы аппаратчика 6 разряда (8 человек).

$T_{\text{фак}} = 180$ ч. – среднемесячная выработка;

N – количество рабочих данной категории, человек;

$$З_{\text{тар}} = 76,4 \times 180 \times 8 / 1000 = 107,14 \text{ т. руб.}$$

Доплата за работу в ночное время:

$$D_{\text{ноч}} = 0,4 \times T_{\text{ст}} \times T_{\text{ноч}} \times N$$

где: $T_{\text{ноч}} = 64$ ч. – время ночных смен;

$$D_{\text{ноч}} = 0,4 \times 76,4 \times 64 \times 8 / 1000 = 16,38 \text{ т. руб.}$$

Доплата в праздничные дни:

$$D_{\text{празд}} = T_{\text{празд}} \times T_{\text{ст}} \times 2 \times N$$

где $T_{\text{празд}}$ – количество часов, отработанное в праздники, ч;

(1, 2, 3, 4, 5, 7 января $T_{\text{празд}} = 72$ часа)

$$D_{\text{празд}} = 72 \times 76,4 \times 2 \times 8 / 1000 = 88,01 \text{ т.руб.}$$

Премиальная ЗП:

$$D_{\text{прем}} = Z_{\text{тар}} \times P_{\text{прем}} / 100 \%$$

где $Z_{\text{тар}}$ – тарифная ЗП, т. руб.;

$P_{\text{прем}}$ – Премииальные, % за январь 2010 года $P_{\text{прем}} = 60\%$.

$$D_{\text{прем}} = 107,14 \times 60 / 100 = 64,28 \text{ т.руб.}$$

Районный коэффициент:

$$D_{\text{р.к.}} = 0,3 (Z_{\text{тар}} + D_{\text{ноч}} + D_{\text{празд}} + D_{\text{прем}})$$

$$D_{\text{р.к.}} = 0,3 (11,0 + 15,65 + 88,01 + 66,0) = 65,34 \text{ т. руб.}$$

Компенсационная доплата за тяжелые условия труда:

$$D_{\text{усл.тр}} = Z_{\text{тар}} \times 10 / 100$$

$$D_{\text{усл.тр}} = 107,14 \times 0,1 = 10,71 \text{ т. руб.}$$

Итак, по формуле (50), основная заработная плата 8 аппаратуры установки пиролиза бензина за январь месяц 2014 года составит:

$$Z_{\text{осн}} = 107,14 + 16,38 + 88,01 + 64,28 + 65,34 + 10,71 = 351,86 \text{ т. руб.}$$

$$ЗП = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (13.24)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная ЗП, т.руб.;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная ЗП, т. руб.;

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \times K / T_{\text{кал}} \quad (113)$$

где K – число законных невыходов, дней;

$T_{\text{кал}}$ – календарный фонд работы одного среднесписочного работника в месяц, дней;

$$Z_{\text{доп}} = 351,86 \times 37 / 365 = 35,67 \text{ т. руб.}$$

Заработная плата 8 аппаратчиков пиролиза этана за 1 месяц составляет

$$ЗП = 351,86 + 35,67 = 387,53 \text{ т.руб}$$

Аналогично производится расчёт месячного фонда ЗП работающих на заводе. Месячный и годовой фонд ЗП представлен в таблице 4.7.

Таблица 4.7. Фонд заработной платы.

№	Наименование	Сумма затрат ФОР в год, тыс. руб	ЕСН отФОР 30,0%, тыс. руб	Общие затраты на оплату труда тыс. руб
1	основные рабочие	1038,63	311,589	1350,22
2	дежурный и ремонтный персонал	517,28	155,184	672,46
3	ИТР и служащие	906,32	271,896	1178,22
4	МОП	387,160	116,148	503,31
5	Наименование	2849,39	854,817	3704,21

4.3.4. Основные фонды предприятия. Расчет амортизационных отчислений

В качестве сырья этан-этиленовая фракция, поступающая в трубопроводу.

Рассмотрим принцип расчёта амортизационных отчислений на январь месяц 2014 года на примере печи пиролиза бензина F-12:

$$A_r = N_a \times \Phi_{\text{восст}} / 100$$

где A_r – амортизационные отчисления

N_a – норма амортизационных отчислений, % . Для печи $N_a = 10 \%$

$\Phi_{\text{восст}}$ – полная восстановительная стоимость печи, т. руб.

$$\Phi_{\text{восст}} = 10\,000 \text{ т. руб.}$$

$$A_r = 10 \times 10\,000 / 100 = 1\,000 \text{ т. руб.}$$

Аналогично рассчитывается сумма месячных амортизационных отчислений для любых видов основных средств с учётом их амортизации и полной восстановительной стоимости.

4.3.5. Расчет себестоимости

Таблица 4.8. Потребность в оборотных средствах.

Наименование затрат	300000		336000	
	Сумма на 1 т, тыс. руб.	Сумма затрат на объем производства, тыс. руб	Сумма на 1 т, тыс. руб.	Сумма затрат на объем производства, тыс. руб
Прямые переменные затраты				
сырье	15,362	4608739,740	15,362	5161788,50
энергия на технологические цели	1,128	338545,092	1,128	379170,503
Итого переменные затраты:	16,491	4947284,832	16,491	5540959,01
Постоянные затраты				
1.1 Заработная плата основных работающих	0,020	5945,349	0,018	5945,349
1.2 Отчисления на социальные нужды основных рабочих	0,006	1801,440	0,005	1801,440
Общепроизводственные расходы				

Заработная плата ИТР, МОП	0,005	1543,201	0,005	1543,201
Отчисления на социальные нужды ИТР, МОП	0,002	467,590	0,001	467,590
амортизация	0,372	111519,500	0,332	111519,500
ремонт	0,044	13139,620	0,039	13139,620
цеховая себестоимость	0,448	134416,700	0,400	134416,700
общезаводские расходы (5% к цеховой себестоимости)	0,022	6720,835	0,020	6720,835
коммерческие расходы (1% к заводской себестоимости)	0,0002	67,208	0,0002	67,208
Итого постоянные затраты:	0,919	275621,443	0,820	275621,443
Итого себестоимость:	17,410	5222906,275	17,311	5816580,45

4.3.6. Определение цены готовой продукции

Цену 1 тонны продукта рассчитываем по формуле:

$C = C (1+P/100)$; где P – рентабельность 20 %; C – себестоимость

$$C_{300} = 17,410 \times (1 + 20/100) = 20,892 \text{руб.}$$

$$C_{336} = 17,311 \times (1 + 20/100) = 20,774 \text{руб.}$$

Цену 300 тыс. тонн (выручка) продукта рассчитываем по формуле

$C_{\text{год}} = C Q$; где

$$Q_{2014} = 330 \text{ тыс.т. (объём продаж).}$$

$$Q_{2015} = 336 \text{ тыс.т. (объём продаж).}$$

$$B\text{-реал.}2014 = 20,892 \times 300000 = 6267487,53 \text{тыс. руб.}$$

$$B\text{-реал.2015} = 20,774 \times 336000 = 6979896,546 \text{ тыс. руб.}$$

Постоянные затраты – это затраты, которые не меняются при изменении объёма выпускаемой продукции (арендная плата за помеще- ния, амортизация основных производственных средств, износ нематериальных производственных средств и т.д)

Переменные затраты – затраты, которые изменяются от объёма производства.

4.3.7. Расчет технико-экономических показателей

Расчеты приведены в таблицах 25 и 26.

Таблица 4.9. Структура основных производственных фондов.

№	Наименование ОПФ	Стоимость ОПФ, т.руб.	%к общей стоимости ОПФ, %	Текущий ремонт, %	Капитальный ремонт, %
1.	Здания	1261,7	82,2	3,25	6,4
2.	Сооружения	86,3	6,1	3,25	6,4
3.	Машины и оборудование	94,0	2,75	6,4	8,1
4.	Приборы КИП и А	4,5	0,23	6,4	8,1
5.	Инструменты и инвентарь	102,5	8,72	6,4	8,1
6.	Итого:	1549,0	100		

4.3.8. Расчет точки безубыточности

Расчёт точки безубыточности производится на основе сопоставления выпуска продукции, ее себестоимости, постоянных затрат и оптовой цены.

Аналитический способ безубыточного объёма продаж более удобен по сравнению с графическим, т.к. более точный.

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \times (1 + P/100)$$

где C – полная себестоимость единицы готовой продукции;

P – рентабельность продукции (25%).

$$Ц = 17,410 \times (1 + 25/100) = 21,763 \text{ руб. (N=300000 т/год);}$$

$$Ц = 17,311 \times (1 + 25/100) = 21,639 \text{ (N=336000 т/год).}$$

$$В_{\text{реал.}} = \text{Изд.}_{\text{пост}} + \text{Изд.}_{\text{пер}} \quad (1)$$

$$В = Ц \times N_{\text{год}} \quad (1)$$

где $N_{\text{год}}$ – выпуск продукции за год, тонн.

$$В_{300000} = 21,763 \times 300000 = 6528900 \text{ руб.}$$

$$В_{336000} = 21,639 \times 336000 = 7270704 \text{ руб.}$$

Графический представлен в приложении чертеж №5.

Критический объём продаж:

$$Q_{\text{кр}} = \frac{U_{\text{пост}}}{Ц_{1\text{т}} - U_{\text{пер за 1т}}}$$

где $Q_{\text{кр}}$ – критический объём продаж, т;

$U_{\text{пост}}$ – постоянные затраты на весь объем, т.руб.;

$U_{\text{пер за 1 т}}$ – переменные затраты на 1 тонну продукции, т.руб./т.;

$C_{1т}$ – цена 1 тонны продукции, т.руб./т.;

Критический объем продаж на 300 000 т/год.

$$Q_{\text{кр}} = 897,00 / (24,35 - 16,491) = 114,2 \text{ тыс. тонн}$$

Вывод: При увеличении объема производства продукции на 10% с учетом потерь в 2%, на имеющихся производственных мощностях, возросли только переменные издержки, постоянные издержки остались постоянными. В результате снизилась себестоимость на единицу готовой продукции в результате «эффекта масштаба». Произошло сокращение затрат на производство за счет повышения уровня производительности труда и экономного использования сырья, электроэнергии, топлива.

4.3.9. Расчет технико-экономических показателей

Таблица 4.10. Техничко-экономические показатели.

Наименование показателя	Ед. изм.	Отчетный год	Плановый год
1 Объем производства	Тыс.тонн	300	336
2 Объем продаж	Тыс.тонн	300	336
3 Цена 1 тонны	Тыс.руб	24,35	24,35
4 Выручка от реализации	Тыс.руб	7305,00	8181,60
5 Суммарные издержки	Тыс.руб	5844,88	6339,51
5.1 Издержки переменные	Тыс.руб	4947,88	5442,51
5.2 Издержки постоянные	Тыс.руб	897,00	897,00
6 Операционная прибыль	Тыс.руб	1460,12	1695,09
7 Налог на прибыль	Тыс.руб	292,02	339,20
8 Чистая прибыль	Тыс.руб	1168,10	1356,79
9 Себестоимость 1 тонны	Тыс.руб	19,48	19,30
10 Стоимость основных средств	млн.руб	1549,0	1549,0

11 Численность основных рабочих	Чел.	95	95
12 Фондовооруженность	Тыс.руб/чел.	394,7	394,7
13 Фондоотдача	Тыс.руб/ Тыс.руб	4,72	5,19
14 Фондоемкость	Тыс.руб/ Тыс.руб	0,21	0,19
15 Производительность труда	Тыс.руб/чел.	76,89	84,58
16 Рентабельность	%	20,0	21,4
17 Рентабельность продаж	%	16,0	17,0
18 Критический объем продаж	Тыс.тонн	114,2	114,2
19 Критический объем продаж	Тыс.руб.	2800	2800

График безубыточности N=300

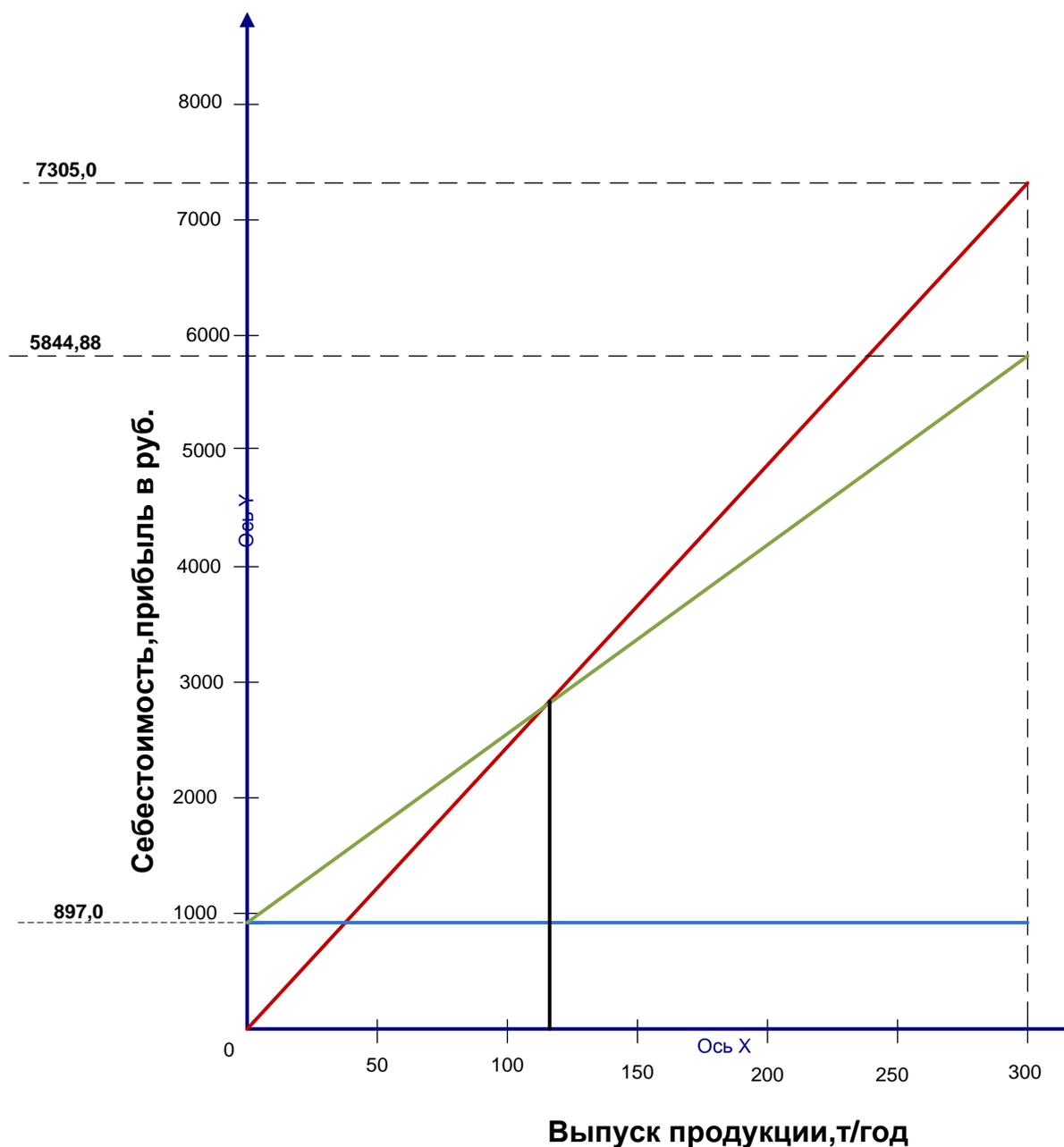


Рис. 21. График безубыточности, N = 300 000 тыс. тонн.

График безубыточности N=336

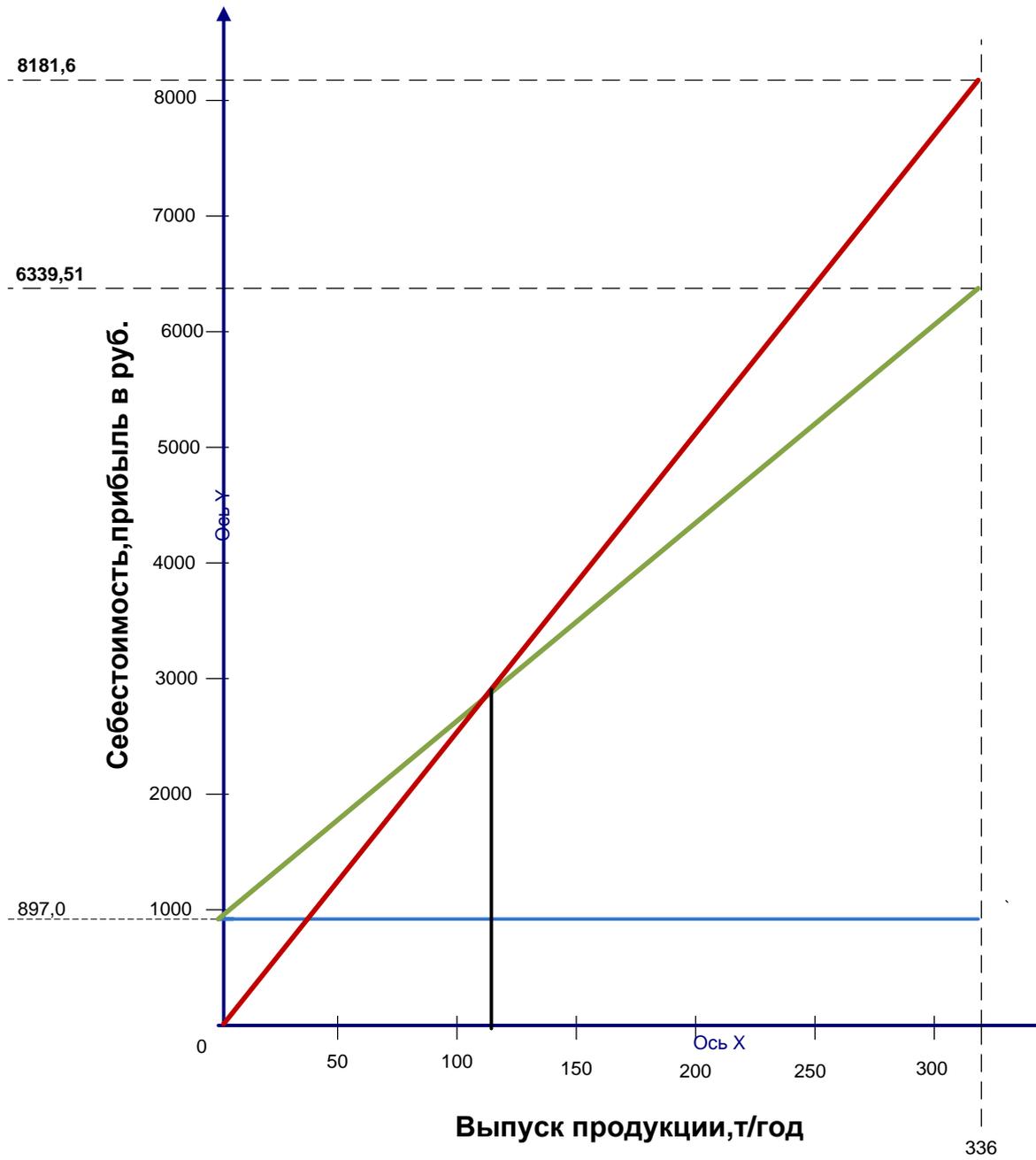


Рис. 22. График безубыточности, N = 336 000 тыс. тонн.

5. Социальная ответственность

Ведение

Данный дипломный проект заключается в проектирование установок термического пиролиза прямогонного бензина с водяным паром в трубчатых печах на установках ЭП-300. В состав мощностей предприятия включено производство мономеров - этилена и пропилена (установленная мощность 300 тыс. тонн и 139 тыс. тонн в год соответственно), полностью обеспечивающее сырьем производство полимеров: полипропилена (мощность - 130 тысяч тонн в год) и полиэтилена высокого давления (мощность - 245 тысяч тонн в год).

Вырабатываемый этилен предназначен для получения полиэтилена, поливинилхлорида, окиси этилена, этилового спирта, этилбензола, уксусного альдегида и других продуктов органического синтеза.

Пропилен, получаемый из пиролизного газа, применяется для производства полипропилена, окиси пропилена, изопропилбензола, масляных альдегидов и бутиловых спиртов, изопропилового спирта, акрилонитрила, глицерина и других продуктов нефтехимического синтеза.

Технологический процесс во всех отделениях производства ЭП-300 связан с переработкой больших количеств легковоспламеняющихся жидкостей и газов в сжиженном и газообразном состоянии, которые способны при взаимодействии с кислородом воздуха взрываться и гореть, поэтому производство ЭП-300 относится к взрывопожароопасным.

Все низшие олефины дают с воздухом взрывоопасные смеси, вследствие чего цеха, производящие эти углеводороды, относятся по пожарной опасности к категории А. По токсичности олефины близки к категории А.

насыщенным углеводородам (вызывают при вдыхании паров наркотиче явления).

Процессы данного производства могут представлять угрозу здоров и жизни человека.

5.1.Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов проектируемой устан конкретно представлены в таблице 25.

Таблица 5.1. Опасные и вредные факторы при выполнении р персонала цеха пиролиза бензина по ГОСТ 12.0.003-74

Источник фактора, наименование видов работ	Вредные	Опасные	Нормативные документы
Работы: 1) Обход рабочей зоны, ремонт и осмотр оборудования; 2) Отбор проб и контроль; 3) Продувка трубопроводов; 4) Загрузка, выгрузка катализатора.	1. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды; 2. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе и в помещениях; 3. Превышение уровней шума и вибрации; 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 5. Химические факторы: токсические; раздражающие.	1. Проникающие в организм человека через: органы дыхания; желудочно-кишечный тракт; кожные покровы и слизистые оболочки; 2. Разрушающиеся конструкции; 3. Электрический ток; 4. Подвижные части производственного оборудования; 5.Повышенная температура поверхностей оборудования; 6. Повышенное давление в оборудовании.	Допустимые шумовые характеристики устанавливаются ГОСТ 12 - 1.003 - и СН 2.2.4/2.1.8.5 96 [25]; Гигиенические допустимые уровн вибрации регламентирует ГОСТ 12.1.012-78 Параметры освещения устанавливаются СНиП 23-05-95; Знаки безопаснос выбирают согласно ГОСТ 12.4.026-76 ; ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (П,

			<p>вредных веществ в воздухе рабочей зоны. [20];</p> <p>ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования;</p> <p>ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих;</p> <p>СанПиН 2.2.4.548 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.562 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки;</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.566 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий;</p> <p>ГОСТ 12.1.019 (с №1) ССБТ. Электробезопасность</p>
--	--	--	--

При нарушении нормального технологического режима, а также при нарушении уплотнений в соединениях аппаратов и узлов могут иметь место:

- образование местных взрывоопасных концентраций (природного газа, окиси углерода, водорода);

- отравление в результате наличия газов, содержащих токсичные компоненты (окись углерода, метан, метанол и удушающие газы - азот);

- неудовлетворительная продувка трубопроводов и аппаратов может вызвать образование взрывоопасных концентраций и взрыв.

При обходе рабочей зоны, отборе и контроле проб на персонал действуют физические, химические вредные и опасные факторы. Повышенная загазованность, отклонение показателей микроклимата, шум, вибрации, недостаточная освещенность и химические опасные, вредные факторы могут привести к плохому самочувствию и отравлению персонала, что значит и к отклонениям в процессе. Чтобы отклонения не произошли в процессе мероприятия и нормы.

5.2. Химические факторы

При отборе проб и контроле, продувке трубопроводов, загрузке и выгрузке катализатора. В цехе пиролиза применяют следующие вредные и опасные вещества:

Природный газ. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений 300 мг/м^3 (в пересчете на углерод). Класс опасности 4. Тсамовоспламенения = 537°C . Пределы взрываемости в смеси с воздухом 4,9 - 15,4% об. В больших количествах оказывает наркотическое действие. [2]

Водород. Не токсичен. Пожаровзрывоопасен. Пределы взрываемости с воздухом 4 - 75 % об. Тсамовоспламенения = 510° .

Окись углерода. Класс опасности 4. ПДК 10 мг/м^3 . Тсамовоспламенения = 610° . Пределы взрываемости с воздухом 12,5 - 74 % об. Отравляющее вещество.

Двуокись углерода. Не ядовита, обладает наркотическим, а т удушающим действием вследствие недостатка кислорода (вытесняет кислород из зоны дыхания).

Азот. Физиологически инертный газ, вызывает удушье.

Бензин. ЛВЖ (легковоспаменяющаяся жидкость). ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений 100 мг/м³(в пересчете на углерод). Пары бензина обладают наркотическими свойствами. Хроническое отравление парами бензина выражается в различного рода функциональных расстройствах. При очень высоких концентрациях наступают острое отравление, вызывает хронические дерматиты, экзему кожи

Пироконденсат ЛВЖ, самовоспламенения от 235 до 475°С,). ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений 50 мг/м³ .Обладает наркотическим действием, раздражает верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз и кожу человека, является канцерогеном. Может вызывать острые и хронические заболевания

Натр едкий. Класс опасности - 2. ПДК в воздухе рабочей зоны 5 мг/м³. Не горюч, невзрывоопасен. При попадании на кожу вызывает химические ожоги, а при длительном воздействии может вызвать язвы, экземы. Сильно действует на слизистые оболочки. Опасно попадание едкого натра в глаза.

4.3. Мероприятия по предупреждению производственных отравлений

А) Устранение яда из производственного процесса.

Основной задачей профилактики профессиональных интоксикаций является проведение мероприятий, устраняющих или в значительной степени уменьшающих опасность попадания токсических веществ в орга

работающих. Наиболее эффективным в этом отношении является полное устранение яда из производственного процесса.

Большое значение в профилактике профессиональных отравлений имеет технологическая рационализация производственных процессов, герметизация оборудования и коммуникаций, переход на вакуумный процесс, непрерывные методы производства, механизация загрузки и выгрузки, автоматизация управления и контроля производственных процессов, дистанционное управление этими процессами, своевременный планово-предупредительный ремонт оборудования, а также поддержание санитарного состояния цехов. В частности, стены, полы и потолки рабочих помещений должны изготавливаться из материалов, не впитывающих ядовитых веществ, и быть легко доступными для чистки [18]

Б) Вентиляция помещений.

Если во время производственного процесса происходит выделение ядовитых веществ из аппаратов, эксплуатация таких устройств производится в устройствах, имеющих отсасывающую вентиляцию. Кроме местных отсасывающих устройств, необходимо для удаления загрязненного токсическими веществами воздуха цехов иметь и общую вентиляцию, обеспечивающую приток в рабочие помещения чистого воздуха.

В случаях, когда, несмотря на максимально возможную рационализацию технологического процесса и проведение необходимых санитарно-технических мероприятий, в воздух производственных помещений все же проникают токсические вещества, наибольшее содержание их в воздухе рабочей зоны не должно превышать установленных концентраций, которые даже при длительном действии не вызывают патологических изменений в организме человека [19].

В) Средства индивидуальной защиты, спецодежда.

Согласно ст.221 Трудового кодекса РФ, на работах с вредными и опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам бесплатно выдаются сертифицированная специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты, а также смывающие (или) обезвреживающие средства в соответствии с типовыми нормами, которые устанавливаются в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации. Средства индивидуальной защиты работников приведены в приложение 2

ПРИМЕЧАНИЕ: один раз в месяц выдается мыло, два раза в квартал выдается полотенце. При проведении г/о или ремонтных работ выдаются средства индивидуальной защиты согласно утвержденного наряда – допуск.

5.5.Технические мероприятия

Замена ядовитых веществ неядовитыми или менее ядовитыми; герметизация оборудования; под особым контролем должно находиться оборудование, действующее под давлением и содержащее коррозионно-активные продукты. В цеховых помещениях не всегда исключено выделение в воздух ядовитых веществ, для оздоровления воздушной среды применяется вентиляция, которая обеспечивает удаление вредных веществ от мест выделения [18].

5.6.Медико-санитарные мероприятия

Для исключения вредного воздействия микроклиматических факторов на организм человека и созданием нормальных условий труда в рабочей зоне производственного помещения, параметры воздушной среды должны соответствовать СанПин 2.2.4.548-96. Он устанавливает оптимальные допустимые микроклиматические условия для теплого, холодного и переходного периодов года в зависимости от тяжести выполняемых работ.

Таблица 5.2. Оптимальные параметры микроклимата.

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с не более
Холодный	Легкая 1а	22 – 24	40 – 60	0,1
	Легкая 1б	21 - 23	40 – 60	0,1
Теплый	Легкая 1а	23 – 25	40 – 60	0,1
	Легкая 1б	22 - 24	40 – 60	0,2

Методы обеспечения нормальных микроклиматических условий:

Улучшение метеоусловий в цехе производства осуществляются прежде всего, технологическими средствами еще на стадии проектирования а также дистанционным управлением, в то время как обслуживающий персонал находится в помещении с нормальными метеоусловиями. Обеспечение нормальных метеоусловий достигается в результате уменьшения тепловых потерь, теплоизоляции аппаратов и трубопроводов, экранированием оборудования и обеспечением его герметичности, рациональной организации воздухообмена.

Уменьшение тепловых потерь достигается изменением конструкции нагретого оборудования, утолщением кладки, применением огнеупорных материалов с малой теплопроводностью, защита наружной поверхности теплоизоляционным материалом.

5.7.Повышенный уровень

Источником шума и вибрации является грохот в насосной системе сброса газов в атмосферу, вентиляционные установки, пиролиза бензина, этана и ББФ. При длительном воздействии шума на организм персонала происходят нежелательные явления: снижается острота зрения, слуха, повышается кровеносное давление, понижается внимательность.

Сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем.

Таблица 5.3. Оптимальные уровни звука на рабочих местах.

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	Легкая, I	Средняя, II	Тяжелая, III	Очень тяжелая, IV
Мало напряженная, I, дБ	80	80	75	75
Умеренно напряженная II, дБ	70	70	65	65
Напряженная, III	60	60	-	-
Очень напряженная, IV	50	50	-	-

Вибрация, воздействующая на человека, нормируется в активной полосе. Основные мероприятия по борьбе с вибрацией [13]:

1. Правильная организация труда и отдыха:

- кратковременные перерывы в работе (по 10-15 мин через каждые 1,5 часа работы);

- активная гимнастика рук, теплые водяные ванны для конечностей и др.

2. Уравновешивание, балансировка.

3. Жесткое присоединение агрегата к фундаменту большей массой. Амплитуда колебаний подошвы не должна превосходить 0,1 – 0,2 мм, особо ответственных установок – 0,005 мм.

4. Применение средств индивидуальной защиты. В качестве средств индивидуальной защиты применяют рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве. (ГОСТ 12.4.002.

«Средства индивидуальной защиты рук от вибрации»; ГОСТ 12.4.024
«Обувь специальная виброзащита».)

5.8. Освещенность рабочей зоны

В целях обеспечения приемлемых условий в помещениях цеха должны быть естественное и искусственное освещение.

Естественное освещение может быть прямым или отраженным; проникает в помещение через боковые проёмы и через фонари. Основной величиной для расчета и корректирования естественного освещения в помещениях применяют КЕО - коэффициент естественного освещения:

$$КЕО = E_{вн}/E_{нар} \times 100\% \quad (1)$$

где $E_{вн}$ - освещенность в закрытом помещении;

$E_{нар}$ - освещенность под открытым небом.

Нормы естественного освещения промышленных зданий, сведения к нормированию КЕО (коэффициент естественной освещенности) предоставленные в СНиП 23-05-95.

При естественном освещении КЕО-3%, при боковом-1%.

Искусственное освещение. В производственных помещениях отгонки производятся «грубые» работы и осуществляется общий надзор за эксплуатацией оборудования. Эти помещения взрыво- и пожароопасны, химически активной средой, температура воздуха может быть менее +5°C (в зимний период); напряжение сети падает ниже 90 % от номинального. Поэтому отдаётся предпочтение лампам накаливания. Основным источником света, как для общего, так и для комбинированного освещения (б

люминесцентные лампы. Величина допустимой освещённости в производственном помещении 200 люкс, фактическая - 250 люкс, удовлетворяет санитарным нормам и требованиям.

Нормирование искусственного освещения производится по СНиП 05-95 в зависимости от разряда зрительной работы (наименьший разряд - работа с объектом различения), от контраста объекта различия с фоном и характеристик фона. Обычные работы в химических производствах требуют высокого зрительного напряжения, а лишь общего наблюдения соответствуют с 8 разрядом, для чего достаточно 75 люкс.

Выбор системы освещения. В проектированном производстве устанавливаем искусственное освещение двух систем: общее (равномерное и локализованное) и комбинированное. На рабочих местах дополнительно применяем местное освещение.

Выбор осветительных приборов. Для ламп до 500 Вт применяем общее и местное освещение в нормальных помещениях.

Глубокоизлучательность со средней концентрацией потока - для ламп 500, 1000, 1500Вт, устойчивых в условиях сырости и среды с повышенной химической активностью. Взрывозащищенные светильники Н45-300, 200.

Для люминесцентных ламп: открытые двухламповые светильники типа ОД ОД01, ШОД, О ДО, 00 Д. Плафоны потолочные для общего освещения закрытых сухих помещений: Л71503 (мощность ламп Юх30) Л71584 (мощность ламп 8х90Вт).

В случае отключения освещения в производственных помещениях предусмотрено аварийное освещение.

5.9. Физические опасные факторы

Для разрушающихся конструкций применяют:

- ограничительные устройства по конструктивному исполнению представляют собой - муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины, сильфоны и шайбы. Срабатывают при нарушении параметров технологического процесса или режима работы производственного оборудования.

- блокировочное устройство – устройство срабатывающее при ошибочных действиях работающего. Блокирующие устройства служат для предупреждения аварий, они автоматически срабатывают, отключая аппарат.

- тормозные устройства подразделяют на: по конструктивному исполнению (колодочные, дисковые, конические и клиновые), по способу срабатывания (ручные, автоматические и полуавтоматические), по принципу действия (механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные), по назначению (рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения).

Также необходимо проверять все сварные швы и фланцы, чтобы избежать выбросов реакционной массы в окружающую среду [33].

Для подвижных частей производственного оборудования используют:

- прочность оборудования, для этого выбирают аппарат с запасом прочности $P_{уст} > P_{рас.}$, этот запас нужен, для того чтобы существовал определенный запас в объеме;

Для повышенной температуры поверхности оборудования используют:

- коррозия – процесс распада металла под действием химических веществ. Поэтому при выборе материала аппарата, необходимо учитывать это взаимодействие, а, следовательно, лучшим выбором будет эмалированная;

- термическая опасность связана с высокими температурами в аппарате. В результате на стадии используют защитные материалы, а персонала – средства индивидуальной защиты – перчатки, прорезиненный фартук.

-оградительные устройства – это могут быть стационарные передвижные кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры и экраны. Их устанавливают между опасным производственным фактором и работающими. Все вращающиеся части машин должны иметь ограждения, которые снимаются только во время ремонта и наладки.

Когда имеется повышенное давление в оборудовании, то применяют:

- механическая опасность связана с движением жидкостей в трубопроводах и внутри аппаратов, поэтому на стадии необходимы герметизации трубопроводов специальными материалами;

- сосуды под давлением, когда внутри аппарата создается избыточное давление, поэтому нужно соблюдать правила ТБ. В аппарате на критическом давлении предусмотрен разрывной клапан, который срабатывает, если в аппарате давление больше нормы.

-устройствами автоматического контроля и сигнализации бывают автоматические и полуавтоматические, постоянные или пульсирующие. Они несут за собой информационное значение предупреждающего, ответного или аварийного характера. Сигналом таких устройств могут быть звук, свет, цвет, знак. Эти устройства, предназначенные для контроля передачи и воспроизведения информации (цветовой, звуковой, световой).

др.) с целью привлечения внимания работающих и принятия ими решений при появлении или возможном возникновении опасного производственного фактора

Знаки безопасности выбирают согласно ГОСТ 12.4.026-76.

5.10.Электробезопасность

На производстве имеются установки, работающие под напряжением до 1000 В, которые находятся в доступе и с которыми могут контактировать все работающие. Что же касается установок, работающих при напряжении выше 1000 В, то они должны быть ограждены. Зная электросопротивление тела человека и интервал опасных для него токов, можно определить интервал опасных напряжений. Регламентные значения порогового отпускающего тока 1 мА и $R= 1000 \text{ Ом}$ безопасным напряжением ($U_{\text{без}}=12 \text{ В}$).

Важную роль в обеспечении безопасности электротехнического персонала имеют защитные средства и предохранительные приспособления, к которым относятся:

- Штанги изолирующие, клещи изолирующие электроизмерительные, указатели напряжения.
- Изолирующие средства для ремонтных работ под напряжением выше 1000 В.
- Диэлектрические перчатки, боты, галоши.
- Слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками.
- Временные ограждения, предупредительные плакаты.

Электрозашитные мероприятия во взрывоопасных производствах в взрывоопасных зонах в электроустановках напряжением до 1000 В допускается применять заземленную или изолированную нейтраль. Во взрывоопасных зонах класса В-1а и В-1г нужно применять защитное отключение электроустановок напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью, периодически в процессе эксплуатации, но не реже одного раза в месяц должна проверяться звуковая сигнализация устройства постоянного контроля изоляции и целостности пробивного предохранителя.

5.11. Экологическая безопасность

5.11.1. Защита атмосферы

Выбросы газов в атмосферу разделяются на:

1. Постоянные и периодические выбросы газов, обусловленные ведением нормального технологического процесса;
2. Периодические выбросы газов, обусловленные нарушением технологического процесса;
3. Периодические выбросы газов в период пуска и останова производства.

Характеристика и количество постоянных выбросов газов в атмосферу приведены в приложении 1 таблице 1.

Указанные газы выбрасываются через выхлопные трубы на выхлопной трубе обеспечивающей рассеивание вредных веществ в приземном слое атмосферы в концентрациях, не превышающих предельно-допустимых.

Все периодические сбросы газов из цеха пиролиза бензина при пусках и выводах на нормальный режим, а также при остановках на ремонт направляются на сжигание на факел высотой 65 метров, входящий в состав производства метанола, с окончательной продувкой системы азотом [2]

5.11.2. Защита гидросферы

В цехе пиролиза бензина имеют место как постоянные, так и периодические стоки, содержащие вредные вещества.

Все стоки направляются на биологическую очистку в зависимости от состава вредных веществ.

Характеристика и количество стоков представлены в таблице приложения 1.

В случае аварийных остановок и остановок агрегата на ремонт опорожнения оборудования в каждой зоне предусмотрены аварийные дренажные емкости для предотвращения залповых выбросов в окружающую среду [2].

5.11.3. Защита литосферы

На производстве метанола имеют место твердые отходы.

Отходы направляют железнодорожным транспортом в барабаны и бочках на переработку в качестве вторичного сырья предприятиям цветной металлургии или вывозятся в самосвалах в специальный организованной отвал твердых отходов.

Наименование и количество отходов представлены в приложении 1 таблице 3 [2]

5.12.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.12.1. Анализ чрезвычайных ситуации (ЧС)

В районе местоположения установки возможны следующие чрезвычайные ситуации:

1.Природного характера:

- низкие температуры;
- сильный ветер;
- лесные, торфяные пожары.
- затопление паводковыми водами

На данной установке, таковыми могут быть все вышеперечисленных факторов. Низкие температуры, как частое явление северных регионах, могут привести к разгерметизации оборудования отопления и соответственно к утечке газа. Предостережением та фактора является постоянный контроль за работой оборудования и системы контроля температурного режима.

Сильные ветра, приводят к поломкам конструкций, быстрое распространению отравляющих газов на большие территории и в результате Следствием этого могут пострадать много людей и животных. Основной мерой предостережения является контроль за герметизацией оборудования

Высокие температуры и отсутствие дождей в летний период являются основными причинами возгорания газов и торфяных залежей, последствия которых могут стать пожары не только на производстве, но и возгорание окружающих лесов. Предотвращением этого является контроль за герметизацией оборудования, предотвращение утечек, избежание откры-

огня на территории цеха, исправность изоляции и т.д. Для этого проводится постоянный контроль за метеоусловиями, производится обваловка установки.

2. Техногенного характера:

-пожары – могут привести к взрыву оборудования и к гибели людей;

-взрывы газоздушных смесей;

-разливы вредных веществ – приводят к отравлению персонала;

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера необходимо чётко соблюдать нормы технологического режима и правила техники безопасности.

3. Социально-политического характера

-террористические акты.

5.12.2. Защита персонала и территории в чрезвычайных ситуациях

В соответствии с законами Российской Федерации: «О гражданской обороне», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Постановлением Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» необходимо создание системы подготовки персонала к адекватным действиям в чрезвычайной ситуации, а также материальных и финансовых резервов.

Подготовка персонала в действиях чрезвычайной ситуации в мирное время производят через систему гражданской обороны.

Превентивные меры гражданской обороны:

1 Защита населения от оружия массового поражения и других средств нападения. Осуществляется проведением комплекса защитных мероприятий.

2 Повышение устойчивости работы объектов и отраслей народного хозяйства в условиях военного времени. Достигается заранее проведёнными мероприятиями (организационные, инженерно-технические и др.

Уровень организаций аварийно-спасательных и других неотложных работ при ликвидации ЧС и их последствий во многом зависит от чёткости работы начальника ГО объекта, председателя комиссии по чрезвычайным ситуациям, органа управления. Порядок же организации работ, их масштабы, приемы и способы проведения зависят от обстановки, сложившейся после аварии, степени повреждения или разрушения зданий и сооружений технологического оборудования, характера повреждений на коммунальных энергетических сетях и пожаров.

В случае объявления воздушной тревоги (сигнал по радио, сирены, прерывистые гудки) персонал должен действовать в соответствии с предусмотренным планом: выключить оборудование и покинуть производство в специально отведённые места для укрытия. Если на предприятии во время аварии произошла утечка (выброс) ядовитых веществ, то оповещается так же население, проживающее в непосредственной близости от объекта и в направлениях возможного распространения ядовитых газов [31].

5.12. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.12.1. Трудовое законодательство

В цехе пиролиза бензина, согласно N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда", присутствуют вредные условия труда (3 класс опасности в зависимости от проведенной спецоценки условия классифицируются:

1. подкласс 3.1 (вредные условия труда 1 степени) - условия труда при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, после воздействия которых изменяется функциональное состояние организма работника восстанавливается по правилу, при более длительном, чем до начала следующего рабочего дня (смены), прекращении воздействия данных факторов, и увеличивается повреждение здоровья;

2. подкласс 3.2 (вредные условия труда 2 степени) - условия труда при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию начальных форм профессиональных заболеваний легкой степени тяжести (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (пятнадцать и более лет);

Гарантии и компенсации

1. На установке принят двухсменный четырёхбригадный график работы согласно “Списку производств, цехов, профессий и должностей вредных условиями труда, работа в которых даёт право на дополнительный отпуск и сокращённый рабочий день”, М., 1977, гл. IX, п. 45 и 46 (содержание серы в сырье 0,005 масс. %).

2. Дополнительный отпуск (12 календарных дня).

3. Всем работникам установки с целью нейтрализации вредных веществ организма выдается молоко в количестве 0,5 литра в сутки.

4. При достаточном трудовом стаже выход на льготную пенсию.

Обеспечение СИЗ

Для предотвращения несчастных случаев, заболеваний и отравлений

связанных с производством, весь обслуживающий персонал установлен обеспечивается средствами индивидуальной защиты.

Нормы бесплатной выдачи спецодежды и спецобуви приняты на основании приказа от 1 июня 2009 года N 290н «Об утверждении Межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты с изменениями на 12 января 2015 года)»

5.13.Компановка оборудования

При размещении оборудования учитываются следующие технологические требования: [32]

- удобство обслуживания оборудования и возможность демонтировать аппаратов и их деталей при ремонтах;
- обеспечение максимально коротких трубопроводов между аппаратами при необходимости самотека;
- рациональное решение внутризаводского транспорта.

При этом необходимо соблюдать строительные нормы, требования естественной освещенности, технику безопасности и охрану труда санитарные нормы.

Компановка оборудования на открытых площадках сокращает капитальные затраты на строительство, уменьшает загазованности и влияние тепловыделений, снижает взрыво- и пожароопасность. Установка аппаратуры на открытых площадках создает также предпосылки укрупнения агрегатов, позволяет во многих случаях отказаться от частей (царги) аппаратуры (преимущественно колонной) и, кроме того, улучшает условия монтажа оборудования.

На открытых площадках химическая аппаратура устанавливается на этажерках- железобетонных и металлических— или самостоятельно

индивидуальных и групповых фундаментах. Аппараты малого диаметра и большой высоты устанавливаются в этажерках.

При размещении технологического оборудования на открытых площадках, руководствуются перечнем технологического оборудования химической промышленности, устанавливаемого на открытых площадках, с учетом характеристик климатического района [32].

Размеры пролетов, расположение разбивочных осей и высоты зданий принимаются по строительным нормам СНИП-II-M2-62.

В зданиях и на открытых площадках для монтажа, эксплуатации, демонтажа и ремонта оборудования устанавливают подъемно-транспортные устройства.

Для технологического обслуживания большого количества разнообразного по характеру оборудования, устанавливаемого на открытых площадках, требующей частой разборки или демонтажа, загрузки и выгрузки катализатора, применяются передвижные краны. При размещении оборудования предусмотрены проходы, обеспечивающие безопасное обслуживание оборудования, движения людей и транспорта, а также удобную очистку рабочих поверхностей оборудования. Машины и аппараты, обслуживаемые подъемными кранами, размещают в зоне приближения крюка крана. Все насосы в насосном отделении, создающие на рабочих местах вибрации и шум, устанавливаются на специальных фундаментах. Для выполнения работ по монтажу, демонтажу, чистке и замене трубных пучков, подогревателей, холодильников, конденсаторов, коммуникаций предусматриваются соответствующие средства механизации. Максимально механизирована загрузка и выгрузка ядовитых и взрывоопасных веществ, также подача веществ в опасные зоны. В производстве исключены ручные операции при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах. В качестве безрельсового транспорта применяются автопогрузчики, тележки, платформы.

При размещении оборудования руководствуются действующими правилами и нормами по технике безопасности, противопожарной безопасности, указаниями по выносу оборудования на открытые площадки химической промышленности и другими указаниями, правилами и нормами, обеспечивая нормальные условия обслуживающему персоналу безаварийную работу оборудования [32].

Заключение

В ходе выполнения данного дипломного проекта были выявлены и устранены недостатки, связанные с показателями эффективности процесса. Был произведен материальный расчет печи пиролиза бензина, конструктивный расчет и подбор вспомогательного оборудования. Были рассмотрены перспективы вариантов каталитического окисления иницированного, пиролиза. В экономической части проекта представлен расчет себестоимости этилена и технико-экономических показателей проекта. Проведенные выше расчеты показали, что основное производственное оборудование с возросшей производительностью справляется и замен не требует.

Список использованных источников

1. Регламент ООО “ТОМСКНЕФТЕХИМ” Производство мономеров. – М.: Химия, 1976. – 304 с.
2. Расчеты химико-технологических процессов/ Под ред. Мухленова. – Л.: Химия, 1976. – 304 с.
3. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. – М.: Химия, 1968. – 846 с.
4. Черный И.Р. Производство мономеров и сырья нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1973. – 264 с.
5. Гутник С.П., Сосонко В.Е., Гутман В.Д. Расчеты по технологии органического синтеза. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
6. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1968. – 848 с.
7. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. – Л.: Химия, 1971. – 344 с.
8. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи к курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1988. – 560 с.
9. Основные процессы и аппараты химической технологии. Под ред. Дытнерского Ю.И. М.: Химия, 1983. – 272 с.
10. Флореа О., Смигельский О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 448 с.
11. Факторович Л.М. Краткий справочник тепловой изоляции. Гостоптехиздат, 1962.
12. Рейхсфельд В.О., Еркова Л.Н. Оборудование производства основного органического синтеза и синтетических каучуков. М.: Химия, 1965. – 624 с.

12. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов М.: Высш. шк. 1986. - 280 с.

13. Толщинский А.П., Лоцинский А.А. Основы конструирования аппаратов

химических аппаратов: Справочник. –Л.: Машиностроение. 1981. –740 с.

14. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и правительства Российской Федерации на 2011-2013 годы.

15. "Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи молока и других равноценных пищевых продуктов, порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока и других равноценных пищевых продуктов, и перечня вредных и (или) опасных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов" Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. N 45н.

16."Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) и порядка проведения этих осмотров (обследований)" Приказ Минздравсоцразвития РФ от 16.08.2004 № 83 (ред. от 16.05.2006) (зарегистрировано в Минюсте РФ 10.09.2004 №6015)

17. «О введении в действие гигиенических норм» 2.1.6.177-03
Постановление от 17 октября 2003 г. № 151.

18. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны гигиенические нормативы .

19. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»
Федеральный закон Российской Федерации № 52-ФЗ от 30 марта 1999

20. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1339-03. Ориентированные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

21. САНПИН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

22. «О безопасности машин и оборудования» Технический регламент от 15 сентября 2009 г. № 753.

23. «О безопасности средств индивидуальной защиты» Технический регламент от 24 декабря 2009 г. № 1213.

24. «О безопасности зданий и сооружений» Технический регламент от 30 декабря 2009 года №384-ФЗ.

25. «О требованиях пожарной безопасности» Технический регламент от 22 июля 2008 года. №123-ФЗ

Приложение 1

Профессии работающих на стадии	Средства индивидуальной защиты работающих	Наименование и номер НТД	Срок службы	Периодичность замены средств
--------------------------------	---	--------------------------	-------------	------------------------------

Таблица 28. Средства индивидуальной защиты работающих

1	2	3	4
Все стадии технологического процесса узла обессоливания воды	Старший аппаратчик Аппаратчик перегонки Аппаратчик пиролиза	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий	Приказ №290н от 01.06.09 п.17
		Ботинки кожаные с защитным подноском	Приказ №290н от 01.06.09 п.6
		Сапоги резиновые с защитным подноском	Приказ №541н от 01.10.08 п.1
		Перчатки с полимерным покрытием	Приказ №290н от 01.06.09 п.7
		Перчатки резиновые или из полимерных материалов	Приказ №290н от 01.06.09 п.17 Приказ №541н от 01.10.08 п.1

1	2	3	4
		Белье нательное	Приказ МЗ и СР РФ №443 от 06.07.05
		Каска защитная	Приказ №290н от 01.06.09 п.6
		Подшлемник под каску с утеплением	Приказ №290н от 01.06.09 п.6
		Щиток защитный лицевой или Очки защитные	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Наушники противозумные или Вкладыши противозумные	Приказ №290н от 01.06.09 п.17 ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозоль-ное	
		Маска или полумаска со сменными фильтрами	
		Страховочная или удерживающая привязь	
		<i>На наружных работах зимой дополнительно:</i>	
		Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий на утепляющей прокладке	Пост.№26 от 22.07.99 п.4146
		Ботинки кожаные утепленные с защитным подноском или	Приказ №541н от 01.10.08 Примечание п.2
		Сапоги кожаные утепленные с защитным подноском или	Приказ №541н от 01.10.08 Примечание п.2
		Валенки с резиновым низом или	Приказ №541н от 01.10.08 Примечание п.2
		Перчатки с защитным покрытием морозостойкие с утепляющими вкладышами	Приказ №290н от 01.06.09 п.7
		<i>При работе с химреагентами дополнительно:</i>	
		Костюм для защиты от растворов кислот и щелочей	
		Перчатки для защиты от кислот и щелочей	Приказ №290н от 01.06.09 п.7
		Фартук из полимерных материалов	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		<i>При работе в аппаратах во время ремонта дополнительно:</i>	

1	2	3	4
		Костюм для защиты от воды или Комбинезон для защиты от токсичных веществ и пыли из нетканых материалов	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
	Начальник цеха	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Белье нательное или футболка	Приказ МЗ и СР РФ №443 от 06.07.05
		Ботинки кожаные с защитным подноском или сапоги кожаные с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Сапоги резиновые с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Перчатки с полимерным покрытием или	
		Перчатки трикотажные с точечным покрытием	
		Перчатки резиновые или из полимерных материалов	
		Каска защитная	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Подшлемник под каску (с однослойным или трехслойным утеплителем)	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Очки защитные	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Наушники против шумные или вкладыши против шумные	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД)противоаэрозольное или	
		Маска или полумаска со сменными фильтрами	
		<i>На наружных работах зимой дополнительно:</i>	

1	2	3	4
		Куртка для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий на утепляющей прокладке или	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий на утепляющей прокладке	Пост.№26 от 22.07.99 п.4146
		Ботинки кожаные утепленные с защитным подноском или	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Сапоги кожаные утепленные с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Перчатки с защитным покрытием морозостойкие с утепляющими вкладышами	
	Начальник отделения Начальник смены	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Ботинки кожаные с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Перчатки с полимерным покрытием или	
		Перчатки трикотажные с точечным покрытием	
		Белье нательное или футболка	Приказ МЗ и СР РФ №443 от 06.07.05
		Сапоги резиновые с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Перчатки резиновые или из полимерных материалов	
		Каска защитная	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Подшлемник под каску (с однослойным или трехслойным утеплителем)	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7

1	2	3	4
		Очки защитные	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Наушники против шумные или вкладыши против шумные	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозоль-ное или	
		Маска или полумаска со сменными фильтрами	
		<i>На наружных работах зимой дополнительно:</i>	
		Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий на утепляющей прокладке	Пост.№26 от 22.07.99 п.4146
		Ботинки кожаные утепленные с защитным подноском или	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Сапоги кожаные утепленные с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Валенки с резиновым низом	
		Перчатки с защитным покрытием морозостойкие с утепляющими вкладышами	
		<i>При работе на химическом оборудовании дополнительно:</i>	
		Костюм для защиты от растворов кислот и щелочей	
		Комбинезон для защиты от токсичных веществ и пыли из нетканых материалов	
	Инженер-технолог	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Фартук из полимерных материалов	
		Белье нательное или футболка	Приказ МЗ и СР РФ №443 от 06.07.05
		Ботинки кожаные с защитным подноском или сапоги кожаные с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7

1	2	3	4
		Сапоги резиновые с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Перчатки с полимерным покрытием или	
		Перчатки трикотажные с точечным покрытием	
		Перчатки резиновые или из полимерных материалов	
		Каска защитная	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Подшлемник под каску (с однослойным или трехслойным утеплителем)	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Очки защитные	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Наушники против шумные или вкладыши против шумные	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозоль-ное или	
		Маска или полумаска со сменными фильтрами	
		<i>На наружных работах зимой дополнительно:</i>	
		Куртка для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий на утепляющей прокладке или	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий на утепляющей прокладке	Пост.№26 от 22.07.99 п.4146
		Ботинки кожаные утепленные с защитным подноском или	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7
		Сапоги кожаные утепленные с защитным подноском	ТК РФ ст.221 ст.41 Коллективный договор п.8.1.7

1	2	3	4
		Перчатки с защитным покрытием морозостойкие с утепляющими вкладышами	

Приложение 2

1. Выбросы в атмосферу

Таблица 28.

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ

1	2	3	4	5	6	7
1 Дымовые газы печей пиролиза F11-F14 F16-F19, F21, F22 и пароперегревателя F-10А,В Ду=6.6 м, Н=120 м	13	643400	8000 ч/год	200-250	NO _x - 0.107 CO - 0.055	
2 Газы от выжига кокса в печах пиролиза Ду=0.4 м, Н=33 м	11	13000 кг/ч	не более 3000 ч/год	400	CO	
3 Дымовые газы из печи регенерации П-4 Ду=0.6 м, Н=25 м)	1	12300	8000 ч/год	300	NO _x - следы CO - 0.263	

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ
1	2	3	4	5	6	7
4 Вентиляционные выбросы из здания компрессорной Ду=0.56 м, Н=25.1 м	8	183600	постоянно	20	углеводороды -0.009 в т.ч.: метан - 0.003 метанол - следы этилен - следы пропилен - следы бутан - 0.004 бутилен - следы бензол - следы толуол - следы ксилол	300 5 100 100 300 100 15/5 50 60

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ
1	2	3	4	5	6	7
5 Вентиляционные выбросы из здания газоанализаторной (Ду=0.4 м, Н=13 м)	2	7200	-	20	углеводороды - следы	

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ
1	2	3	4	5	6	7
6 Вентиляционные выбросы из помещения лаборатории Ду=0.6 м, Н=17 м - В-1, В-14, В-18	10	36000	-	20 20	углеводороды- 0.001 в т.ч.: бензол - следы толуол - следы ксилол - следы бензин - следы ацетон - следы гептан - следы ССl ₄ - следы	15/5 50 60 300 300

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ
1	2	3	4	5	6	7
- В-3, В-15, В-16				20	H ₂ SO ₄ - следы HCl - следы NH ₃ - следы	

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ
1	2	3	4	5	6	7
10.1.7 Факел Ду ств.=1.2 м, Н=120 м - контрольные горелки	1	400	постоянно	- - -	NOx - 25.920 CO - 15.820 NH3 - 0.048	

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ
1	2	3	4	5	6	7
- максимальное количество газа на факел		320000	около 2-5 мин сброс возмож. в любое время		NOx CO SO ₂ углеводороды	
- пусковой режим		60000	50 ч/год		NOx - 0.870 CO - 5.796 SO ₂ - 0.300 NH ₃ - 1.434 сажа - 1.464	

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ
1	2	3	4	5	6	7
8 Неорганизованные выбросы в атмосферу через неплотности оборудования		256 кг/ч	8000 ч/год	-	углеводороды в т.ч.: а) предельные (метан, этан, пропан, бутан); б) непредельные (этилен, пропилен, бутилены);	

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр, высота	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выбросов		
				Температура, °С	Состав выброса, мг/л, кг/м ³	ПДК атм.в. вредных веществ
1	2	3	4	5	6	7
					в) ароматические (бензол, толуол)	

Таблица 29. Сточные воды

Наименование сбрасываемых сточных вод, отделение, аппарат	Место сбрасывания	Количество стоков, м ³ /сутки	Периодичность сброса	Характеристика выброса		
				Содержание контролируемых вредных веществ в сбросах (покомпонентам), мг/л или кг/м ³	ПДКв и ПДКрыб.х оз. сбрасываемых вредных веществ	Допустимое количество сбрасываемых вредных веществ, кг/сутки
1	2	3	4	5	6	7

Сточная вода с производств ЭП-300 в том числе: - с локально-очистных сооружений	на биоочистку	<u>1507.9</u> 2417.2	постоянно			
	на биоочистку	<u>1382.2</u> 2417.2	постоянно	бензин 80	-	
				толуол 50	-	
				фенол 50	-	
				аммиак 0.2	-	
				бензол 76	-	
				ксилол 6	-	
				цианиды 0.765	-	
				метанол 17.5	-	
				соли 240	-	
				мех.прим 40	-	
				рН - 7-8.5		

- стоки от оборудования узла газоразделения и лабораторного корпуса	на биоочистку	125.7	постоянно	бензин 31.8	-		
				бензол 19.3	-		
				толуол 0.12	-		
				соли 1520	-		
				мех.прим 380	-		
				НС 0.0008	-		

Таблица 30. Твердые и жидкие отходы

Наименование отходов, отделение, аппарат	Место складирования, транспорт, тара	Количество отходов, кг/сутки	Периодичность образования	Характеристика твердых и жидких отходов			Примечания
				Химический состав, влажность	Физические показатели, плотность кг/м ³	Класс опасности отходов	
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Отработанный катализатор метанирования НИАП-07-05	В тару, в которой поставляется свежий катализатор		1 раз в 2 года	массовая доля, %: - NiO – 38 - Cr ₂ O ₃ - 12	1100-1400	IV	Единообразная загрузка 13 т. Перед выгрузкой система освобождается от углеводов, в, пассивирована. Отправляется для извлечения цветных металлов

Наименование отходов, отделение, аппарат	Место складирования, транспорт, тара	Количество отходов, кг/сутки	Периодичность образования	Характеристика твердых и жидких отходов			Примечания
				Химический состав, влажность	Физические показатели, плотность кг/м ³	Класс опасности отходов	
1	2	3	4	5	6	7	8
2. Отработанный катализатор палладиевый АПКГС (Р-2)	В тару, в которой поставляется свежий катализатор	27.6	1 раз в 2 года	массовая доля Pd - 0.1 %	900	IV	Единообразная загрузка 27.6 т. Перед выгрузкой система освобождается от углеводородов, продувается азотом, пассивируется. Отправляется для извлечения драгоценных металлов

Наименование отходов, отделение, аппарат	Место складирования, транспорт, тара	Количество отходов, кг/сутки	Периодичность образования	Характеристика твердых и жидких отходов			Примечания
				Химический состав, влажность	Физические показатели, плотность кг/м ³	Класс опасности отходов	
1	2	3	4	5	6	7	8
3. Отработанный катализатор палладиевый АПКГС (Р-3):	В тару, в которой поставляется свежий катализатор	10.2	1 раз в 2 года	массовая доля Pd - 0.2 %	900	IV	Единообразная загрузка 10.2 т. Перед выгрузкой система освобождается от углеводородов, продувается азотом, пассивируется. Отправляется для извлечения драгоценных металлов

Наименование отходов, отделение, аппарат	Место складирования, транспорт, тара	Количество отходов, кг/сутки	Периодичность образования	Характеристика твердых и жидких отходов			Примечания
				Химический состав, влажность	Физические показатели, плотность кг/м ³	Класс опасности отходов	
1	2	3	4	5	6	7	8
4. Отработанный катализатор G-58E	В тару, в которой поставляется свежий катализатор		1 раз в 4 года	массовая доля, %: - Pd - 0.047 - Ag – 0.3	650	IV	Единообразная загрузка 24 т. Перед выгрузкой система освобождается от углеводородов, продувается азотом, пассивируется. Отправляется для извлечения драгоценных металлов
5. Отработанный синтетический цеолит КА-У	В автосамосвал	122.0	1 раз в 2 года	-	720	IV	Продувается азотом и вывозится НТО
6. Отработанный цеолит марки КА-3М	В автосамосвал	122.0	1 раз в 2 года	-	620	IV	Продувается азотом и вывозится НТО (об.1535 на городском полигоне токсичных отходов)

Наименование отходов, отделение, аппарат	Место складирования, транспорт, тара	Количество отходов, кг/сутки	Периодичность образования	Характеристика твердых и жидких отходов			Примечания
				Химический состав, влажность	Физические показатели, плотность кг/м ³	Класс опасности отходов	
1	2	3	4	5	6	7	8
7. Отработанный цеолит селективной очистки КА-СО	В автосамосвал	122.0	1 раз в 2 года	-	850	IV	Продува азотом и вывозитс я НТО (об.1535 на город полигон токсичны отходов
8. Отработанные нити и волокна стеклянные однонаправленные БС10-200	В автосамосвал	2.0	1 раз в 4 года	боросиликатное стекло	-	IV	Продува азотом, пропарива я и выво в НТО (об.1535 на город полигон токсичны отходов
9. Кокс с коксо-сборников блока печей пиролиза и ЗИА	Металлический контейнер, вес с загрузкой до 50 кг	68.0	при выжиггах змеевиков и чистках ЗИА	-	-	V	1. Поступеч для сжигани 2. Промыва водой, вывозитс НТО (об.1535 на город полигон токсичны отходов.

Наименование отходов, отделение, аппарат	Место складирования, транспорт, тара	Количество отходов, кг/сутки	Периодичность образования	Характеристика твердых и жидких отходов			Примечания
				Химический состав, влажность	Физические показатели, плотность кг/м ³	Класс опасности отходов	
1	2	3	4	5	6	7	8
10. Кокс с узла масляной и водной промывки пирогаза, получения пара П8 и пара П4 (фильтры, Е-32)	Металлический контейнер, вес с нагрузкой до 50 кг	45.0	постоянно в процессе работы	-	-	V	Перед выгрузкой продувать водяным паром, вывозить НТО (об.1535 на город полигон токсичных отходов)
11. Шлам с локально-очистных сооружений	В автосамосвал	120.0	при чистке	-	-	III	Вывозить НТО (об.1535 на город полигон токсичных отходов)
12. Отработанное масло ХА-30	В автоцистерну	72.0	замена 1 раз в три месяца по 18 т	-	-	III	Передавать соответс с требованиями инструкции ОООС-1 «Томскн има»

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

Институт электронного образования

Направление подготовки: Химическая технология органических веществ

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

Дипломный проект

Тема работы
Проект цеха пиролиза бензина

УДК 665.642.001.63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Да
3-5601	Горовцова Н.П.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Да
к.х.н., доцент	Новиков В.Т.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Да
доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Да
доцент	Антоневич О.А.	к.б.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Да
зав. кафедрой	Юсубов М.С.	д.х.н., профессор		