

**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
<b>Проект установки пиролиза этановой фракции</b>

УДК 661.716:665.642

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5601	Легкодимова М.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сорока Л.С.	К.Х.Н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антоневич О.А.	К.б.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой	Юсубов М.С.	д.х.н., профессор		

Томск – 2016 г.

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

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: Химическая технология

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Юсубов М.С.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5601	Легкодимовой Марине Сергеевне

Тема работы:

**Проект установки пиролиза этановой фракции**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 28.01.2016 № 410/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2016 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	Объектом разработки является установка ЭП-300 ООО «Томскнефтехим»
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Теоретическая часть Инженерные расчеты Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность Заключение
Перечень графического материала	Технологическая схема Печь пиролиза этана F1. Вид общий Сборочные единицы Компоновка оборудования

	График безубыточности
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Теоретическая часть, Инженерные расчеты	к.х.н., доцент Сорока Л.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н., доцент Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	к.б.н., доцент Антоневиц О.А.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
На русском: Реферат	
На английском: Abstract	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	11.01.2016 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сорока Л.С.	к.х.н., доцент		11.01.2016 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5601	Легкодимова М.С.		11.01.2016 г.

## **Реферат**

Дипломный проект 186 страниц, 17 рисунков, 38 таблиц, 35 источников, 1 приложение, 5 листов графического материала

Ключевые слова: печь пиролиза этана, конвективная камера, радиантная камера, пиролиз, пирогаз.

Объектом разработки является ЭП-300 производительностью 300 тыс. тонн в год.

Цель работы – рассчитать возможность увеличения производительности до 315 тыс. тонн в год (увеличение на 6 %).

Этилен является одним из базовых продуктов промышленной химии и стоит в основании ряда цепочек синтеза. Основное направление использования этилена — в качестве мономера при получении полиэтилена (наиболее крупнотоннажный полимер в мировом производстве).

В процессе разработки проводился расчёт основного и вспомогательного оборудования, а также выполнены материальные и тепловые расчеты, технологический, гидравлический, механический расчет.

В результате расчета: основные аппараты ЭП-300, благодаря запасу производительности, справятся с увеличением мощности.

Экономическая эффективность: экономически более целесообразным является выпуск 315 тыс. тонн в год, что обусловлено снижением себестоимости 1т. этилена.

В будущем планируется: модернизировать существующие установки по производству этилена, вводить в эксплуатацию новые комплексы, расширять сырьевую базу для получения этилена за счет применения попутного нефтяного и природного газа

## **Abstract**

The graduation project consists of an explanatory note on 186 pages, including 17 figures, 38 tables, the list of 35 references and 1 appendix, and the graphic part on 5 A1 sheets.

Key words: ethane pyrolysis furnace, convection chamber, radiant chamber, pyrolysis, pyrolysis gas.

This graduation project deals with the designing of the EP-300 pyrolysis plant with production capacity reaching 300 thousand tons per year.

The main objective of this paper is to consider the possibility of increasing the productivity up to 315 thousand tons per year (6% increase).

Ethylene is one of the basic products of chemical industry, used in most chemical synthesis chains. Much of the world's ethylene production goes toward polyethylene, a widely used plastic that consists of polymer ethylene chains.

To meet the goals set, main and auxiliary apparatus were calculated, material and heat balance, equipment rating, hydraulic and mechanical calculations were made.

As a result, it has been established that the main apparatus of EP-300 is capable of the productivity increase due to performance margin.

It is more economically feasible to produce 315 tons of ethylene per year due to reduced prime costs.

In the future new ethylene plants will be put into operation, existing ones will be upgraded, the raw material base will be expanded through usage of associated petroleum gas and natural gas.

## Содержание

Введение.....	7
1.2 Методы получения.....	9
1.3 Конструктивные виды аппаратов.....	16
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	24
3.1 Предпроектный анализ.....	24
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	24
3.1.2. SWOT-АНАЛИЗ .....	24
3.2 Организация и экономика производства установки пиролиза этана ..	25
3.2.1 Расчет производственной мощности.....	25
3.2.2 Режим работы работающих.....	27
3.2.3 Организация оплаты труда .....	35
3.3 Расчет затрат на производство продукции.....	38
3.3.1 Расчет годовой потребности в сырье и материалах.....	38
3.3.2 Расчет годовой потребности в электроэнергии.....	41
3.4 Планирование себестоимости продукции.....	44
3.4.1 Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции.....	44
3.5 Определение цены готовой продукции .....	45
3.6 Анализ безубыточности по действующему производству .....	45

## **Введение**

Этилен занимает первое место по объему производства среди базовых нефтехимикатов. На его основе вырабатывается большинство продуктов органического синтеза и полимерных материалов, таких, как полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол, этиленоксид и этиленгликоль, синтетический этиловый спирт и др. Можно сказать, что этиленовая ветвь является самой могучей в «дереве нефтехимии» [1].

Этилен – это продукт малотранспортабельный, точнее его перевозка требует специальных емкостей (автоцистерн, ж/д цистерн, танкеров), снабженных установками получения холода высоких параметров, что серьезно удорожает транспортировку. В мировой практике принято транспортировать этилен в сжиженном виде по этиленопроводам [1].

В России можно выделить несколько промышленных комплексов нефтехимического профиля, в которых действуют этиленпроизводящие и этиленпотребляющие производства; существует сеть этиленпроводов, имеются подземные хранилища этилена. Среди наиболее крупных можно назвать Урало-Поволжский нефтехимический комплекс, включающий в свой состав этиленовые установки в Нижнекамске, Уфе, Казани, Салавате, этиленпотребляющие производства (полиэтилен, этиловый спирт, ацетальдегид, альфа-олефины, винилхлорид и др.) в Казани, Нижнекамске, Салавате, Уфе, Стерлитамаке. В Нижегородско-Дзержинском промышленном узле этиленовая установка в г. Кстово (компания ОАО «Сибур-Нефтехим») обеспечивает этиленом предприятия г. Дзержинска. В Саяно-Ангарском промышленном узле производителем этилена является Ангарская нефтехимическая компания. Производимый здесь этилен частично используется на месте для получения полиэтилена, стирола, частично направляется по этиленопроводу на предприятия в г. Усолье-Сибирское и Саянск (производство винилхлорида) [1].

Остальные нефтехимические комплексы России представляют собой, как правило, отдельные нефтехимические комбинаты и предприятия,

включающие в свой состав этиленовые установки и более или менее широкий набор этиленпотребляющих производств. Среди них Ставропольский завод пластмасс; Томский нефтехимический комплекс (этиленовая установка, производство полиолефинов); Самарский завод «Этанол», Пермский завод «Стирол»; Омский завод синтетического каучука [1].

В основу процесса получения этилена и пропилена на производстве заложен высокотемпературный пиролиз бензинов и рецикл этановой фракции, а также получается пиролизный газ широкого состава. Извлечение этилена и пропилена, сопутствующих продуктов (водородной фракции, метановой фракции, бутулен-бутадиеновой фракции, пропановой фракции, фракции углеводородов C<sub>5</sub>, пиролизного конденсата) из пирогаза с использованием методов низкотемпературной, средне- и высокотемпературной ректификации [2].

Многие из действующих установок пиролиза углеводородного сырья работают много лет и нуждаются в модернизации. Основные принципиальные подходы к модернизации:

- максимальное использование существующего оборудования;
- увеличение производительности отдельных аппаратов путем их модификации или монтажа дополнительного оборудования;
- модификация технологии, подключение новых технологических узлов;
- разгрузка секции разделения продуктов за счет изменения свойств и состава сырья, возвратных потоков и структуры выходов продуктов пиролиза.

## 1.2 Методы получения

Производство низших олефинов базируется на термическом и каталитическом превращении углеводородов.

Для производства низших олефинов пиролизом существуют следующие способы:

- каталитический пиролиз углеводородов – характеризуется применением различных катализаторов (метаванадат калия,  $KVO_3$ ).

- пиролиз тяжелого нефтяного сырья – процесс характеризуется резким снижением содержания ароматических углеводородов.

- высокотемпературный пиролиз бензина.

Все эти способы классифицируются по:

• по используемому сырью:

- газообразное;

- жидкое (бензин);

- тяжелые нефтяные фракции.

• по применяемому типу печей (способу подвода тепла):

печи: радиантные, шатровые.

тип змеевиков: разветвленный, неразветвленный.

• по сравнению выхода целевых продуктов пиролиза (вес, %), указанных в таблице 1.1:

Таблица 1.1 Выход продуктов пиролиза

Сырье	Этилен	Пропилен	Бутадиен	Ароматические продукты
Этан	81,6	2,0	3,0	1,0
Пропан	46,9	18,7	2,9	4,0
н – Бутан	44,5	17,2	4,4	4,5
Легкий бензин	42,3	15,9	4,7	8,3
Бензин	34,1	16,0	4,9	11,4
Газойль	29,4	14,0	10,6	10,6

по финансовым затратам.

Можно сделать вывод, что использование пиролиза газообразного сырья в печах радиантного типа с неразветвленным змеевиком, выгоднее чем с жидким сырьем.

Процесс пиролиза является эндотермическим и относится к числу очень энергоемких производств, в котором важное значение имеет утилизация тепла горячих газов. Существующие схемы реакционных узлов различаются способом подвода тепла: внешний обогрев топочными газами, при помощи высокоперегретого водяного пара (гомогенный или адиабатический пиролиз), частичное сгорание топлива при подаче кислорода (окислительный пиролиз) и нагревание неподвижным или перемещающимся твердым теплоносителем (регенеративный пиролиз) [3].

#### ***Гомогенный пиролиз***

В горячий топочный газ, полученный при сжигании метана в кислороде температура которого 2000 °С, вводят сырье. Используют разную комбинацию этого метода с другими методами пиролиза, если в горячие газы первой ступени пиролиза вводить пары жидких углеводородов для расщепления которых в ацетилен требуется более низкая температура. Ацетилен и этилен возможно получать совместно [3].

#### ***Пиролиз в присутствии гетерогенных катализаторов***

Гетерогенные катализаторы перспективны в направлении развития процесса пиролиза, они позволяют увеличить скорость реакции разложения исходных углеводородов и других продуктов [2].

При гетерогенно-каталитическом пиролизе повышается селективность процесса, а также повышается выход этилена по сравнению с термическим пиролизом.

Применение катализаторов позволяет достигать наиболее высокие степени превращения - при равных температурах и равные степени превращения – при более низких температурах, это достигается за счет

ускорения реакций разложения углеводов. Вследствие этого наблюдается снижение удельного потребления энергии [5].

Катализатор в свою очередь дает возможность значительно снизить расход сырья в производстве низших олефинов.

### ***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 [5].

### ***Окислительный пиролиз***

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

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 [6].

### ***Пиролиз углеводородного сырья в расплавленных средах***

Пиролиз углеводов в расплавленных средах является перспективным способом термической переработки углеводородного сырья.

К достоинствам этого метода можно отнести: переработка практически любых видов сырья от легких до тяжелых жидких фракций, а именно сырой нефти, газойль, вакуумный газойль; простая непрерывная эксплуатация твердых продуктов распада (сажа, кокс) из зоны реакции, в связи с чем

исключается необходимость остановок реактора для выжига кокса; благодаря непосредственному контакту сырья с расплавом и поверхностью теплообмена, происходит высокоэффективная теплопередача.

В качестве расплава употребляют некоторые металлы (свинец, висмут, кадмий, олово) и их сплавы, соли - хлориды, карбонаты и др. или многокомпонентные солевые расплавы, а также шлаковые (оксидные) расплавы.

К недостаткам пиролиза углеводородного сырья с расплавленным теплоносителем можно отнести: нагрев и циркуляция теплоносителя становятся необходимыми, возникает трудность отделения продуктов реакции от этого теплоносителя.

Разработан процесс (фирменное название “Космос”): пиролиз углеводородов в расплаве солей в трубчатых печах с внешним обогревом. В качестве расплава солей используют эвтектическую смесь [5].

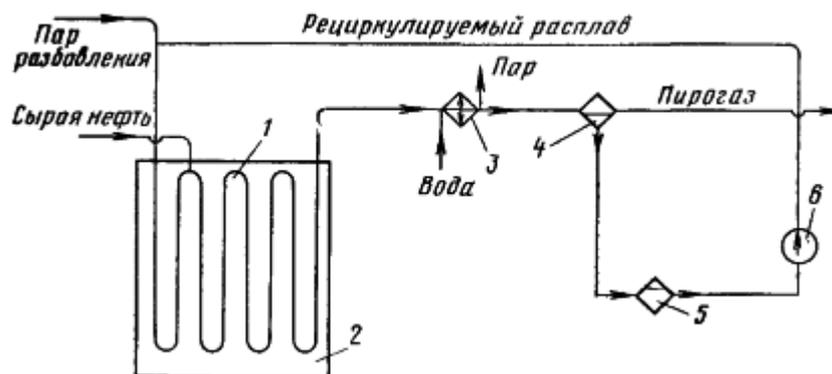


Рис. 1.1 Схема процесса пиролиза “Космос”

- 1- реакционный змеевик; 2 - трубчатая печь; 3- закально-испарительный аппарат ; 4 - сепаратор; 5 - емкость для расплава; 6 – насос

### ***Гидропиролиз***

Пиролиз осуществляется с добавлением водорода под давлением 2,0-2,5 МПа, благодаря этому улучшаются технологические и экономические показатели процесса. Процесс следует вести при высоких температурах (800 – 900 °С) и наименьшем времени пребывания примерно 0.1 с. Это необходимо для предотвращения гидрирования низших олефинов.

Для увеличения выхода этилена проводят рецикл, в итоге получают высокий выход этилена.

Гидропиролиз прямогонного бензина при условии рециркуляции этана на фракции  $C_3$ , включая пропилен, позволяет получить до 40 – 45 % этилена; выход метана достигает 34 %; пиробензина – до 20 %; тяжелой фракции пироконденсата не превышает 2 – 3 % [5].

### ***Пиролиз в присутствии гомогенных инициаторов***

Гомогенными инициаторами реакций пиролиза являются: 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.

Высокий расход водорода, высокая стоимость производства, увеличение объема газообразных продуктов пиролиза – все это является недостатками пиролиза с добавкой водорода. В следствие чего ухудшается работа аппаратов для разделения пирогаза.

Добавляя к сырью пиролиза органические кислородсодержащие соединения, а именно: спирт, органическая кислота, метанол, но не альдегид, до 10 % повышает выход низших олефинов на 5 - 15 %, в значительной мере повышается выход этилена [5].

### ***Регенеративный пиролиз***

Регенеративный пиролиз в печах с огнеупорной насадкой: изначально насадку при помощи топочных газов разогревают, далее сырье подвергнутое пиролизу пропускают через раскаленную насадку.

Отличительной особенностью является то, что камеры с насадкой между процессами пиролиза и регенеративного нагрева продуваются водяным паром.

С точки зрения создания эффективных условий для пиролиза углеводородного сырья регенеративные печи удовлетворяют требованиям промышленного производства.

Однако экономическая целесообразность значительно снижается из-за таких недостатков, как быстрый спад температуры реакции в ходе процесса пиролиза, приводящий к падению глубины конверсии и изменению состава продуктов в течение цикла [6].

### ***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 [3].

### ***Высокотемпературный пиролиз с газообразным теплоносителем***

К преимуществам газообразных теплоносителей можно отнести: осуществление процесса высокотемпературного пиролиза при очень малом времени контакта до величин порядка  $10^{-3} - 10^{-4}$  сек.; создание пиролизного аппарата небольших объемов, производительность которого сопоставима с производительностью наиболее громоздких аппаратов газоразделения [6].

Технологичная и конструктивная схема нагрева газообразного теплоносителя намного проще по сравнению с процессом нагрева твердого теплоносителя.

Теплоносителями могут служить водяной пар и продукты сгорания [6].

### ***Пиролиз в трубчатых печах***

Наиболее распространенным методом является пиролиз с внешним обогревом. Основным реакционным аппаратом является трубчатая печь, используемая и в других процессах нефтепереработки и нефтехимии. Сырье перемещается в печи по трубам, которые обогреваются за счет тепла, получаемого при сгорании газообразного или жидкого топлива. Во избежание чрезмерного образования продуктов уплотнения сырье разбавляют водяным паром до 50% (масс.). Несмотря на это в трубах постепенно накапливается кокс, и для его удаления печи периодически останавливают и очищают [3].

Пиролиз в трубчатых печах благодаря простому устройству реакционных систем развивается и совершенствуется, несмотря на серьезные недостатки, присущие этому способу высокотемпературного крекинга углеводородов. В настоящее время этот способ применяется повсеместно, хотя и ведутся непрерывные поиски в других направлениях [2].

Пиролиз в трубчатых печах осуществляется, как известно, за счет переноса теплоты от источника (дымовых газов) к превращенному веществу (сырью) через стенки стальной трубы [2].

Поскольку для достижения приемлемых глубин конверсии и выхода олефинов необходимо вести процесс при температурах намного выше обычных температур термического крекинга, то нужны трубы из высоколегированных (хромникелевых) сталей и сплавов [2].

Такие трубы являются дефицитными. Это обстоятельство относится к недостаткам пиролиза в трубчатых печах.

Современные печи с малым временем контакта (0,2-0,3 секунды) характеризуются применением панельных беспламенных горелок, вертикальным расположением труб с многопоточным движением сырья, 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 300 тысяч тонн в год [2].

Существенным преимуществом печей с вертикальными трубами является легкость компенсации температурных расширений благодаря закреплению одного конца трубы и свободному перемещению другого конца трубы. Что очень важно для жестких режимов пиролиза, когда температура стенки = 1000 °C [2].

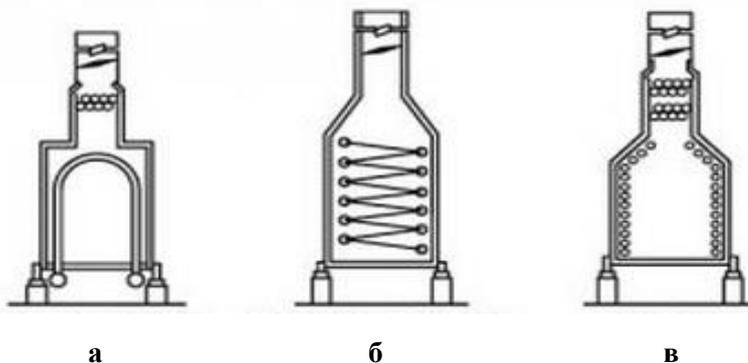
Современные печи состоят из радиантной камеры с реакционным змеевиком, конвективной камеры со змеевиком предварительного нагрева сырья и закалочного устройства [2].

Радиантная (реакционная) зона должна обеспечить следующие показатели: высокий выход целевых продуктов (низших олефинов) в требуемом соотношении; высокую селективность процесса, то есть максимальный выход целевых продуктов и минимальный – нежелательных, побочных; длительный пробег печи между выжигами кокса с сохранением при этом требуемого распределения продуктов; нормальную работу при изменении состава сырья в определенных пределах; достаточную гибкость в эксплуатации, то есть при изменении нагрузки по сырью и режимов пиролиза с целью изменения распределения продуктов; длительный срок работы при максимально допустимой температуре элементов конструкции; размещение необходимого количества реакционных змеевиков, чтобы число печей было оптимальным для данной производительности завода; компактную и экономичную конструкцию, удобную для эксплуатации и ремонта [2].

Конвективная секция печи должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить подогрев паросырьевой смеси до заданной температуры на переходе в радиантный змеевик, испарение и подогрев сырья и пара перед их смешением, использование тепло уходящих газов [2].

### 1.3 Конструктивные виды аппаратов

На рис. 2 представлены несколько типов нагревателей:



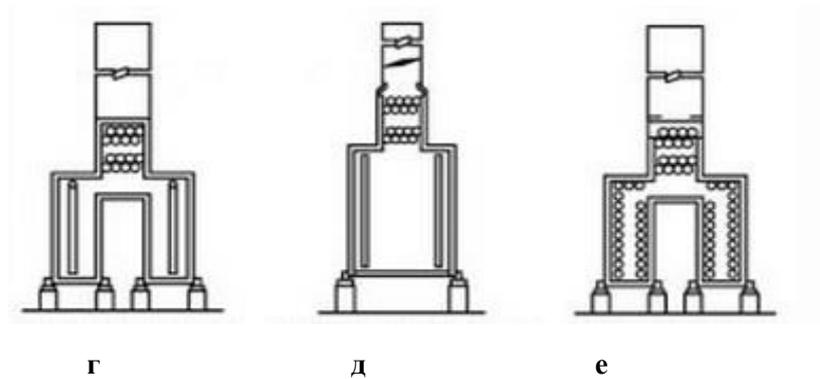


Рис. 1.2 Типы нагревателей

- 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.

На рис. 1.3 представлены способы размещения горелок:

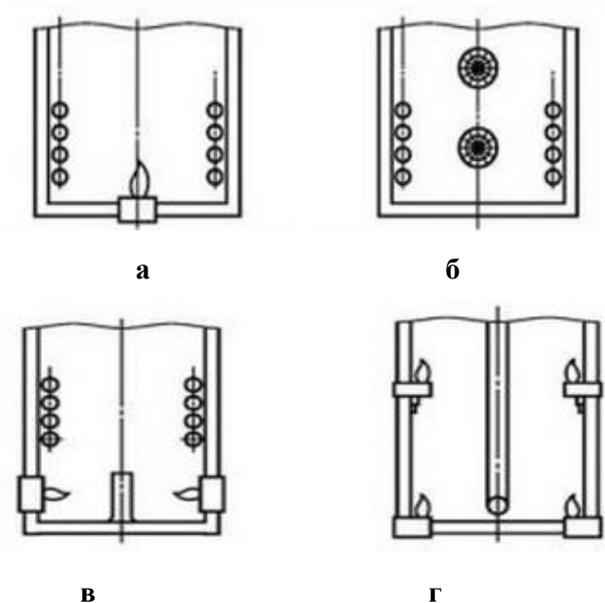


Рис. 1.3 Типовые схемы расположения горелок:

а - подовое расположение горелок;

б - торцевое расположение горелок;

в - расположение горелок по боковым стенкам;

г - многоярусное расположение горелок по боковым стенкам.

### ***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 °C [3].

Схема одной из современных трубчатых печей пиролиза представлена на рис. 1.4.

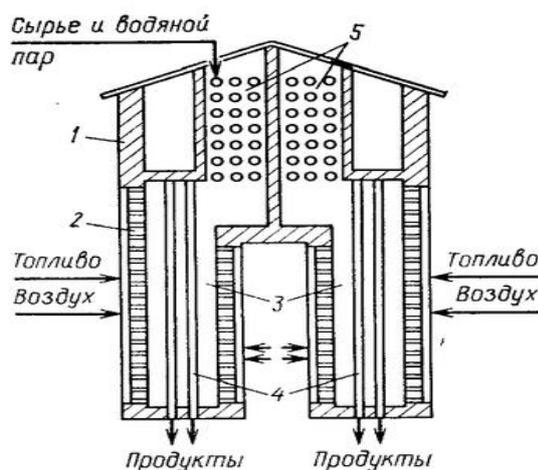


Рис. 1.4 Схема печи пиролиза [3]

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 [3].

Схема вертикального змеевика печи пиролиза изображена на рис. 1.5.

Змеевик печи пиролиза, является современным печным агрегатом для пиролиза нефтяных фракций на крупных установках производительностью 300 тыс.т этилена в год [6].

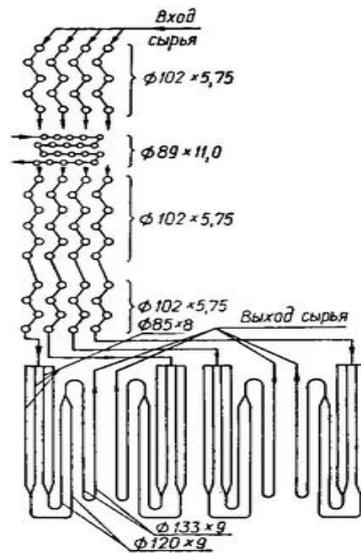


Рис. 1.5 Схема вертикального змеевика пиролиза

### *Регенеративная печь*

На рис. 6 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.

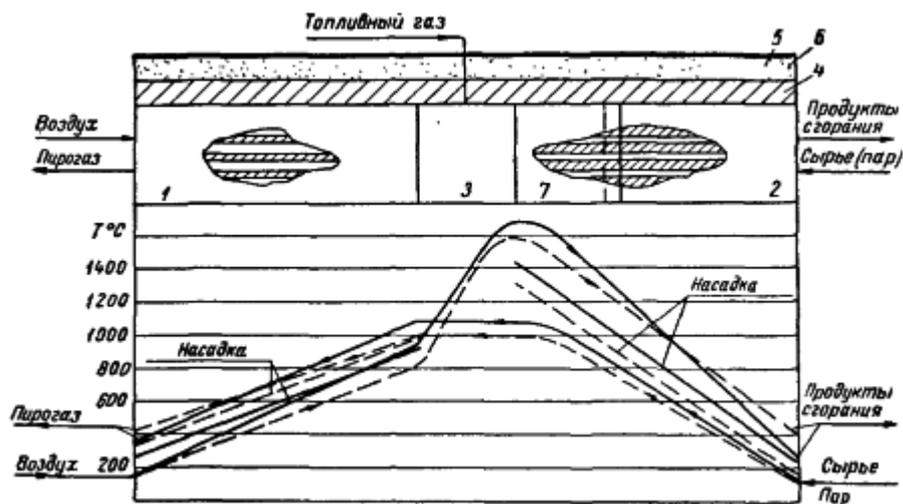


Рис. 1.6 Схема реактора регенеративного типа и распределение температуры  
1, 2 – регенераторы; 3 – камера сгорания; 4 – огнеупор; 5 – стальной кожух; 6 – изоляция; 7 – реакционная зона.

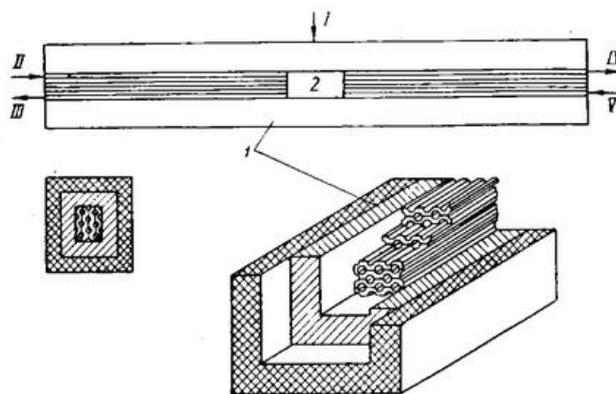


Рис. 1.7 Внутренняя часть регенеративной печи

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.

Насадка для таких печей изготавливается из окиси алюминия и имеет высокую удельную поверхность [7].

### ***Реактор гомогенного пиролиза***

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

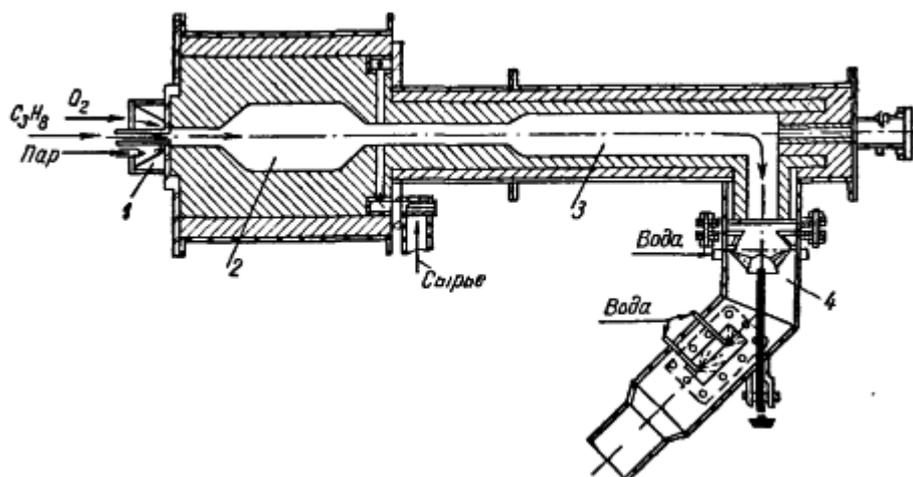


Рис. 1.8 Конструкция реактора установки гомогенного пиролиза  
 1 – газогорелочное устройство; 2 - топочная камера; 3 – смеситель-реактор;  
 4 – закалочное устройство.

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 [6].

### ***Реактор для электрокрекинга***

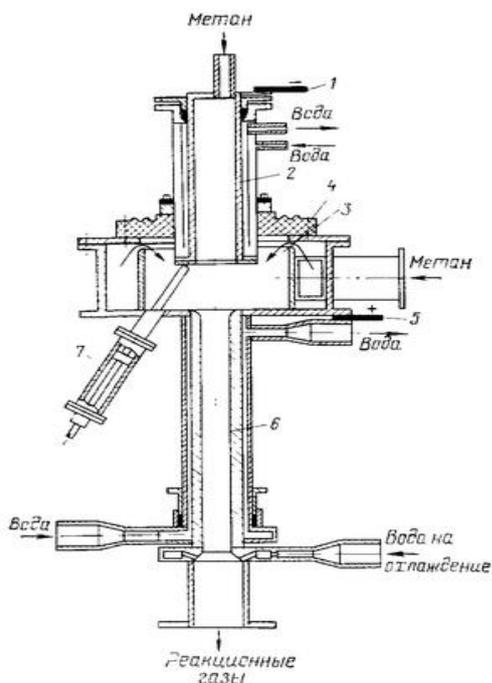


Рис. 1.9 Реактор для электрокрекинга метана

1-высокольтный ввод; 2- катод; 3- вихревая камера; 4- титановая плита; 5 -  
заземление; 6- анод; 7- пусковой электрод

В пламени дуги температура газа достигает 1600°C. Для быстрого охлаждения продуктов реакции и вымывании из них сажи в нижнюю часть трубы впрыскивается вода.

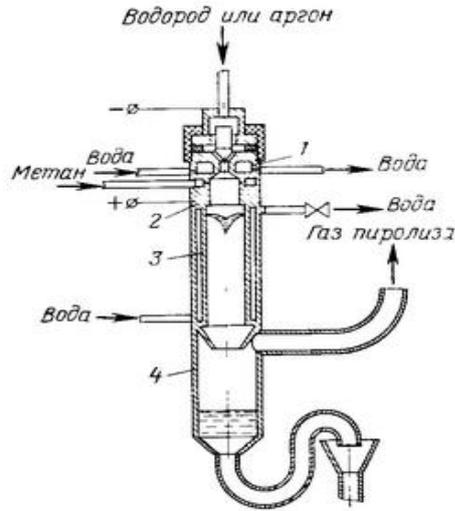


Рис. 1.10 Реактор для электрокрекинга метана в плазменной струе  
1-плазмотрон; 2- реактор; 3- закалочная камера; 4- газоотделительная камера.

### **Схема печи термоокислительного пиролиза**

Упрощенная схема печи термоокислительного пиролиза метана приведена на рис. 1.11.

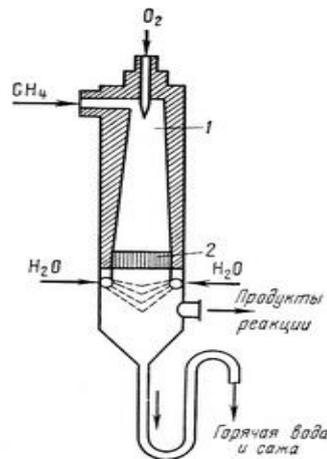


Рис. 1.11 Печь термоокислительного пиролиза

Подогретые метан и кислород вводят в верхнюю часть печи 1, где они смешиваются. У нижнего края футерованной части печи установлена плита 2, из огнеупорного материала с большим количеством отверстий. Метаноокислородная смесь проходит через отверстия и под плитой происходит окисление метана. При соприкосновении продуктов реакции с водой они охлаждаются и, кроме того, из них удаляется сажа, которая может образоваться в результате побочных реакций [3].

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### 3.1 Предпроектный анализ

##### 3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: установки пиролиза этановой фракции.

Целевой рынок: предприятия нефтеперерабатывающей отрасли промышленности

##### 3.1.2. SWOT-АНАЛИЗ

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

Таблица 3.1 SWOT-анализ

<p style="text-align: center;">Внешняя среда</p> <p>Внутренняя среда</p>	<p><b>Возможности</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Растущий рынок</li> <li>2. Отсутствие жесткой конкуренции на рынке</li> <li>3.Наличие стабильного рынка сбыта</li> <li>4. Хорошая репутация среди потребителей .</li> <li>5. Поддержка со стороны государственных органов власти.</li> <li>6. Снижение процентных ставок</li> </ol>	<p><b>Угрозы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рост цен на сырье и материалы</li> <li>2. Изменение законодательства</li> <li>3. Природные катастрофы</li> <li>4. Высокая степень контроля бизнеса со стороны государства</li> <li>5 Дефицит специалистов</li> <li>6.Отсутствие нормативов по стандартизации новых технологий.</li> <li>7.Развитие альтернативных технологий и аналогов оборудования.</li> </ol>
<p><b>Сильные стороны</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опыт</li> <li>2. Команда высококвалифицированных специалистов</li> <li>3. Четкая организационная структура</li> <li>4. Высокотехнологичное оборудование</li> <li>5.Известность предприятия</li> <li>6.Приемлемый уровень цен</li> <li>7.Динамичное развитие отрасли</li> <li>8.Система профессионального обучения и повышения</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Увеличение объемов производства</li> <li>2.Установление конкурентоспособных цен и быстрая обработка заказов</li> <li>3. Поддержание репутации предприятия</li> <li>4. Освоение новых рынков</li> <li>5. Улучшение корпоративной культуры</li> <li>6.Стремление к увеличению объема совместных с иностранными партнерами проектов по производству</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Модернизация оборудования</li> <li>2. Закупка сырья по наиболее выгодным ценам и на более длительный период</li> <li>3. Поддержка местной власти по финансированию социальных проектов</li> </ol>

квалификации		
<b>Слабые стороны</b> 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)	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 в аренду лишних территорий и площадей	1. Стратегия долгосрочного привлечения финансового капитала 2. Создать из своих работников единую команду 3. Привлечение инвестиций. 4. Изучение и проработка всех возможных кризисных ситуаций

### 3.2 Организация и экономика производства установки пиролиза этана

#### 3.2.1 Расчет производственной мощности

Расчёт производственной мощности для непрерывного производства производится по формуле [16]:

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot K_{\text{об}}, \quad (3.1)$$

где  $M$  – производственная мощность, т/год;

$P_{\text{час}}$  – часовая производительность оборудования в натуральных единицах;

$T_{\text{эфф}}$  – эффективный фонд времени работы оборудования (час.);

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

В общем виде величина эффективного времени выразится следующим образом [16]:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном}} - T_{\text{ппр}} - T_{\text{то}}, \quad (3.2)$$

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

$T_{\text{ппр}}$  – время простоя в ремонтах за расчетный период;

$T_{\text{то}}$  – время технологических остановок;

$$T_{\text{ном}} = 8760 \text{ ч}$$

$T_{ппр} = 760$  ч (согласно графику ППР по предприятию);

По формуле (4.2) находим эффективное время работы оборудования:

$$T_{эфф} = 8760 - 760 = 8000 \text{ ч,}$$

$$M = 8000 \cdot 39,75 = 318000 \text{ т/год}$$

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен [16]:

$$K_{экс} = T_{эф} / T_n, \quad (3.3)$$

где  $K_{экс}$  – коэффициент экстенсивности;

$T_{эф}$  – эффективный фонд времени работы оборудования (час.);

$T_n$  – номинальный фонд работы оборудования (час).

По формуле (3.3) коэффициент экстенсивности равен:

$$K_{экс} = 8000 / 8760 = 0,913$$

Коэффициент интенсивности характеризует использование оборудования по производительности.

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен [17]:

$$K_{инт} = Q_{пп} / Q_{max} = 37,5 / 39,75 = 0,94 \quad (3.4)$$

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

$Q_{max}$  – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности [16]:

$$K_{им} = K_{экс} \cdot K_{инт}, \quad (3.5)$$

$$K_{им} = 0,94 \cdot 0,913 = 0,94$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ( $N_{год}$ ) [16]:

$$N_{год} = K_{им} \cdot M, \quad (3.6)$$

Где  $K_{им}$  – коэффициент использования мощности;

$M$  – производственная мощность, т/год.

$$N_{год2014} = 0,94 \cdot 318000 = 300000 \text{ т/год}$$

$$N_{\text{год}_{2015}} = 1 \cdot 318\,000 = 318\,000 \text{ т/год}$$

Таблица 3.2 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	334 (8000)

### 3.2.2 Режим работы работающих

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

График сменности режима работы четырех бригад на март 2015 года приведен в таблице 3.3.

Штатное расписание установки пиролиза углеводородного сырья приведено в таблице 3.4.

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

Эффективное количество часов работы одного среднесписочного рабочего определяется [16]:

$$T_{\text{эфф.раб}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пл.пот}} = 365 - 128 - 38 = 199 \text{ дн}, \quad (3.7)$$

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

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

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

Находим количество персонала (производственного) работающего посменно [17]:

$$N_{\text{яв}} = N_{\text{шт}} * S, \quad (3.8)$$

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

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

$S$  – число бригад,  $S = 4$ .

$N_{\text{яв}} = 15 * 4 = 60$  человек.

Таблица 3.3 График режима работы смен на март 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
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

1- смена с 8 до 20 часов

2- смена с 20 до 8 часов.

Таблица 3.4 Штатное расписание

Наименование должности, профессии	Категория	Кол. штат. ед.	Оклад/ часовая тариф	Районный коэффициент	МФЗП
1	2	3	4	5	6
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	22646
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 тепловодогазо-снабжению	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	399529
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	112450
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 установки		17		61626	267046
Общехеховой 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 общехехового персонала		9		24207	104897
<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	135977

Итого по участку		13		51773	225365
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	139651
Участок по ремонту и обслуживания технологического оборудования					
40. Слесарь - ремонтник 6 разряда	раб	8	76,4	33005	143021
41. Слесарь - ремонтник 5 разряда	раб	4	72,8	15725	68141
Итого по участку		12		48730	211162
Отделение пиролиза углеводородного сырья					
42. Аппаратчик 6 разряда	раб	8	76,4	33005	143021
43. Аппаратчик 5 разряда	раб	8	72,8	31145	135977
Итого по отделению		16		64150	278998
Цеховая лаборатория по контролю производства					
44. Лаборант химанализа 5 разряда	раб	8	68,1	29419	127483

45.Лаборант химанализа 4 разряда	раб	4	59,8	12917	55973
Итого по лаборатории		12		42336	183456
Итого по заводу		112		388248	1810104

Списочная численность:

$$N_{\text{сп}} = N_{\text{яв}} * K_{\text{пер}}, \quad (3.9)$$

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

$$K_{\text{пер}} = T_{\text{эфф.об.}} / T_{\text{эфф.раб.}}, \quad (3.10)$$

где  $T_{\text{эфф.об.}} = T_{\text{вых}} + T_{\text{эфф.раб.}} = 1536 + 2388 = 3924$  ч. [см. таблицу 3.5];

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

$$T_{\text{эфф.раб.}} = 2388 \text{ [см. таблицу 4.5].}$$

$$K_{\text{пер}} = 3924 / 2388 = 1,64$$

По формуле 102 списочная численность равна:

$$N_{\text{сп}} = 60 \cdot 1,64 = 98 \text{ человек}$$

Таблица 3.5 Баланс рабочего времени одного среднесписочного рабочего

Показатели	Дней	Часы
Календарный фонд рабочего времени, $T_{\text{кал}}$	365	4380
Выходные дни, $T_{\text{вых}}$	128	1536
Номинальный фонд рабочего времени, $T_{\text{раб}}$	237	2844
Очередные и дополнительные отпуска	28	336
Невыходы по болезни	10	120
Выполнение государственных обязанностей	0	0
Отпуск по учебе без отрыва от производства	0	0
Итого по отпуску	38	456
Эффективный фонд рабочего времени	199	2388

### 3.2.3 Организация оплаты труда

На рассматриваемом предприятии оплата труда рабочих повременнo–премиальная, на основе часовых тарифных ставок, установленных и утвержденных 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.

Для примера приведен расчёт месячной заработной платы аппаратчика 5 разряда (8 человек).

Заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{ноч}} + D_{\text{празд}} + D_{\text{прем}} + D_{\text{р.к.}} + D_{\text{усл.тр}}, \quad (3.11)$$

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

$D_{\text{ноч}}$  – доплата за работу в ночное время, т. руб.;

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

$D_{\text{прем}}$  – премиальная ЗП, руб.;

$D_{\text{р.к.}}$  – районный коэффициент, т руб.;

$D_{\text{усл.тр}}$  – компенсационная доплата за условия труда, т.руб.;

Тарифная заработная плата рассчитывается:

$$Z_{\text{тар}} = T_{\text{ст}} * T_{\text{фак}} * H, \quad (3.12)$$

где:  $T_{\text{ст}}$  – тарифная ставка данной категории рабочих, т.руб./ч.;

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

$H$  – количество рабочих данной категории, человек;

$$Z_{\text{тар}} = 72,8 * 180 * 8 / 1000 = 104,83 \text{ т. руб.}$$

Доплата за работу в ночное время:

$$D_{\text{ноч}} = 0,4 * T_{\text{ст}} * T_{\text{ноч}} * H, \quad (3.13)$$

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

$$D_{\text{ноч}} = 0,4 * 72,8 * 64 * 8 / 1000 = 14,91 \text{ т. руб.}$$

Доплата в праздничные дни:

$$D_{\text{празд}} = T_{\text{празд}} * T_{\text{ст}} * 2 * H, \quad (3.14)$$

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

(8 марта  $T_{\text{празд}} = 12$  часа)

$$D_{\text{празд}} = 12 * 72,8 * 2 * 8 / 1000 = 13,98 \text{ т.руб.}$$

Премиальная ЗП:

$$D_{\text{прем}} = Z_{\text{тар}} * P_{\text{рем}} / 100 \% , \quad (3.15)$$

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

$P_{\text{рем}}$  – Премиальные, % за март 2013 года  $P_{\text{рем}} = 60\%$ .

$$D_{\text{прем}} = 104,83 * 60 / 100 = 62,90 \text{ т.руб.}$$

Районный коэффициент:

$$D_{\text{р.к.}} = 0,3(Z_{\text{тар}} + D_{\text{ноч}} + D_{\text{празд}} + D_{\text{прем}}), \quad (3.16)$$

$$D_{\text{р.к.}} = 0,3(104,83 + 14,91 + 13,98 + 62,90) = 58,99 \text{ т. руб.}$$

Компенсационная доплата за тяжелые условия труда:

$$D_{\text{усл.тр}} = Z_{\text{тар}} * 10 / 100, \quad (4.16)$$

$$D_{\text{усл.тр}} = 104,83 * 0,1 = 10,48 \text{ т. руб.}$$

Итак, по формуле (3.11), основная заработная плата 8 аппаратчиков установки пиролиза этана за март месяц 2015 года составит:

$$Z_{\text{осн}} = 104,83 + 14,91 + 13,98 + 62,9 + 58,99 + 10,48 = 266,09 \text{ т. руб.}$$

$$ЗП = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (3.17)$$

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

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

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * K / T_{\text{кал}}, \quad (3.18)$$

где  $K$  – число законных невыходов, дней;

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

$$Z_{\text{доп}} = 266,09 * 38 / 365 = 27,70 \text{ т. руб.}$$

Заработная плата 8 аппаратчиков пиролиза этана за 1 месяц составит:

$$ЗП = 266,09 + 27,70 = 293,79 \text{ т.руб}$$

Аналогично производится расчёт месячного фонда ЗП всех работающих на заводе. Месячный и годовой фонд ЗП представлен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 Фонд заработной платы

№	Наименование	МФЗП, т. руб	ГФЗП, т. руб.
1	Инженерно–технические работники	906,32	10875,9
2	Основные рабочие	1038,63	12463,58
3	Вспомогательные рабочие	517,28	6207,36
4	Итого по заводу	2462,24	29546,84

### **3.3 Расчет затрат на производство продукции**

#### **3.3.1 Расчет годовой потребности в сырье и материалах**

Определение затрат на сырье и вспомогательные материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен. Расчет годовой потребности в сырье и материалах приведен на 300000 т и на 318000 т продукта в табл. 3.7.

Таблица 3.7 Потребность в оборотных средствах

Наименование сырья, материалов и энергии.	Цена за единицу сырья, т.руб.	Норма расхода сырья, ед./т.	Стоимость сырья на единицу продукта, т.руб./т.	Количество сырья на весь выпуск		Стоимость сырья на весь выпуск, тыс. руб.	
				300000	318000	300000	318000
Бензин, т	5	2,4	12	720000	763200	3600000	3816000
ПБФ, т	2	0,85361	1,70722	256083	271448	512166	542896
Олигомеры, т	1,5	0,01622	0,02433	4866	5157,96	7299	7736,94
Бутан, т	1	0,003	0,003	900	954	900	954
Тринатрий фосфат, т	8,86	0,0000008	0,00000709	0,24	0,2544	2,1264	2,253984
Тосол, т	13,3	0,00547	0,072751	1641	1739,46	21825,3	23134,82
Натр едкий, т	8,53	0,00622	0,0530566	1866	1977,96	15916,98	16872
Ингибитор коррозии,	129	0,00002	0,00258	6	6,36	774	820,44
Эл.энергия, ткВт/ч	1,05	0,05047	0,0529935	15141	16049,46	15898,05	16851,93
Пар собственный, тГкал	0,20	2,96268	0,592536	888804	942132,2	177760,8	188426,4

Продолжение таблицы 3.7

Газ природный, тм <sup>3</sup>	1,11	0,38074	0,4226214	114222	121075,3	126786,4	134393,6
Деминерализ. вода, т м <sup>3</sup>	11,6	0,00407	0,047212	1221	1294,26	14163,6	15013,42
<b>Итого</b>						<b>4493492</b>	<b>4763102</b>

### 3.3.2 Расчет годовой потребности в электроэнергии

Таблица 3.8 Расчет потребности электроэнергии

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Эффективный фонд времени оборудования	Суммарно-потребляемая электроэнергия, кВт·ч
Насос центробежный Н1	75	8000	600000
Насос центробежный Н2	88	8000	704000
Насос центробежный Н3	75	8000	600000
Вентиляция	37	8000	296000
Освещение установки пиролиза	1,2	8000	9600
<b>Итого</b>			<b>2217600</b>

### 3.3.3 Основные фонды предприятия. Расчет амортизационных отчислений.

Амортизация – постепенное перенесение основных средств на готовую продукцию в целях накопления денежных средств для простого воспроизводства основных средств.

Норма амортизации – отношение годовой суммы амортизации к стоимости основных средств, выраженная в %. Норма амортизации показывает какую долю своей балансовой стоимости ежегодно переносят основные средства на производимый продукт

Амортизацию проводим по линейному методу согласно классификации ОС, включаемых в амортизационные группы (постановление правительства РФ №1 от 01.01.2002 г.)

Начисление нормы амортизации

$$N_a = \frac{1}{T_{сл.}} \cdot 100 \%, \quad (3.19)$$

где  $T_{сл.}$  – срок полезного использования ОС.

## Начисление амортизации

$$A_M = C_{\text{перв.}} \cdot \frac{N_a}{100} \quad (3.20)$$

где  $C_{\text{перв.}}$  – первоначальная цена ОС.

Таблица 3.9 Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс. руб.
<b>1. Здания, сооружения, инвентарь</b>	700000	5	35000
<b>2. Оборудование</b>			
Печь F-1	9543,54	10	954,354
Печь F-2	9543,54	10	954,354
ЗИА Е-1А	1966	10	196,6
ЗИА Е-1В	1966	10	196,6
ЗИА Е-2А	1966	10	196,6
ЗИА Е-2В	1966	10	196,6
Отделительный барабан пара высокого давления V-1	738,72	10	73,872
Отделительный барабан пара высокого давления V-1	738,72	10	73,87
Коксосборник Т-1	561,92	5	28,10
Коксосборник Т-2	561,92	5	28,10
Коксоотделитель (циклон) S-1	320	5	16,00
Коксоотделитель (циклон) S-2	320	5	16,00
Холодильник W-1	753	10	75,30
Холодильник W-2	753	10	75,30
Холодильник W-10	753	10	75,30
Холодильник W-11	753	10	75,30
Холодильник W-6	753	10	75,30
Насос центробежный Н1	50	20	10,00
Насос центробежный Н1	50	20	10,00
Насос центробежный Н1	50	20	10,00

<b>3.Приборы КИП и А, лабораторное оборудование</b>	47850	10,3	4929
<b>ИТОГО</b>			<b>428665,5</b>

Таблица 3.10 Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование основных средств	Стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс. руб.
1.На устройство фундаментов	2521	10	252,1
2.На технологические трубопроводы	5042	20	1008,4
3.На антикоррозионные работы	1250,5	5	62,525
4.На кабельные разводки	1250,5	5	62,525
5.На КИПиА	2521	10	252,1
6.На монтаж оборудования	5546,2	22	1220,164
7.На вспомогательное оборудование	1250,5	5	62,525
<b>Итого:</b>			<b>2920,339</b>

### 3.4 Планирование себестоимости продукции

#### 3.4.1 Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции

$N_{2014} = 300$  тыс. т/год,  $N_{2015} = 318$  тыс. т/год

Таблица 3.11 Калькуляция себестоимости

Наименование затрат	300 000 т		318 000 т	
	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
1. Сырье и материалы	13,86	4158883	13,86	4408416
2. Электроэнергия на технологические цели	1,12	334609	1,12	354685
Заработная плата основных работающих	0,042	12464	0,04	12464
Отчисления на социальные нужды основных рабочих	0,012	3739	0,011	3739
<b>Итого условно- переменные издержки:</b>	<b>15,03</b>	<b>4509695</b>	<b>15,03</b>	<b>4779304</b>
Заработная плата ИТР, МОП	0,06	17083,26	0,05	17083,26
Отчисления на социальные нужды ИТР, МОП	0,017	5125	0,016	5125
амортизация	1,43	428665,5	1,35	428665,5
ремонт	1,05	315896,7	0,99	315896,7
<b>Итого условно-постоянные издержки:</b>	<b>2,56</b>	<b>766770</b>	<b>2,41</b>	<b>766770</b>
<b>цеховая себестоимость</b>	<b>17,59</b>	<b>5276465</b>	<b>17,44</b>	<b>5546074</b>
Управленческие расходы	0,88	263823	0,83	263823
<b>Общезаводская себестоимость</b>	<b>18,47</b>	<b>5540289</b>	<b>18,31</b>	<b>5823378</b>
коммерческие расходы	0,18	55403	0,17	55403
<b>Полная себестоимость</b>	<b>18,65</b>	<b>5595692</b>	<b>18,49</b>	<b>5865301</b>
<b>Итого условно-переменные издержки:</b>	<b>15,03</b>	<b>4509695</b>	<b>15,03</b>	<b>4779304</b>
<b>Итого условно-постоянные издержки:</b>	<b>3,62</b>	<b>1085997</b>	<b>3,41</b>	<b>1085997</b>

### 3.5 Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле

$$Ц = C \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right), \quad (3.21)$$

где  $C$  – полная себестоимость единицы готовой продукции;

$P$  – рентабельность продукции, %.

Рентабельность продукции можно принять от 10 % до 25 %.

$$Ц = 18,65 \cdot \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 23,3 \text{ тыс. руб./т (N = 300000 т/год)}$$

$$Ц = 23,3 \text{ тыс.руб. (N=318000 т/год).}$$

### 3.6 Анализ безубыточности по действующему производству

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

$$V_{200000} = 23,3 \cdot 300000 = 6990000 \text{ руб.}$$

$$V_{215000} = 23,3 \cdot 318000 = 7409400 \text{ руб.}$$

Определение точки безубыточности:

1. Аналитическим способом

$$Q_{\text{кр.}} = \frac{\text{Изд}_{\text{пост.}}}{C_{1\text{т}} - \text{Изд}_{\text{пер.за 1т}}}, \quad (3.22)$$

где  $Q_{\text{кр.}}$  – критический объем продаж, т;

$\text{Изд}_{\text{пост.}}$  – постоянные затраты на весь объем, руб.;

$\text{Изд}_{\text{пер.за 1т}}$  – переменные затраты на 1 т продукции, руб./т;

$C_{1\text{т}}$  – цена 1 т продукции, руб./т.

Найдем критический объем продаж на 200000 т/год

$$Q_{\text{кр.2014}} = \frac{1085997}{23,3 - 15,03} = 131,318 \text{ тыс. т}$$

$$Q_{\text{кр.2015}} = \frac{1085997}{23,3 - 15,03} = 131,318 \text{ тыс. т}$$

**Точка безубыточности** - минимальный объем продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков.

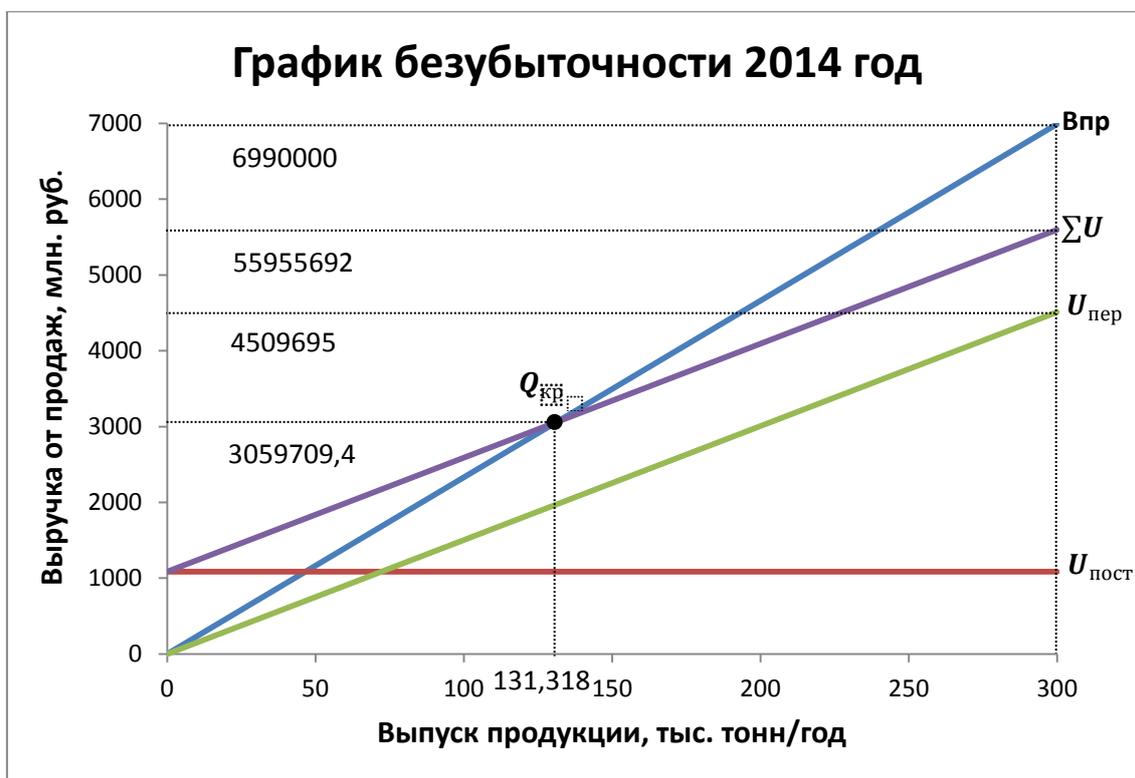


Рис. 3.1 График безубыточности при N= 300 тыс. тонн

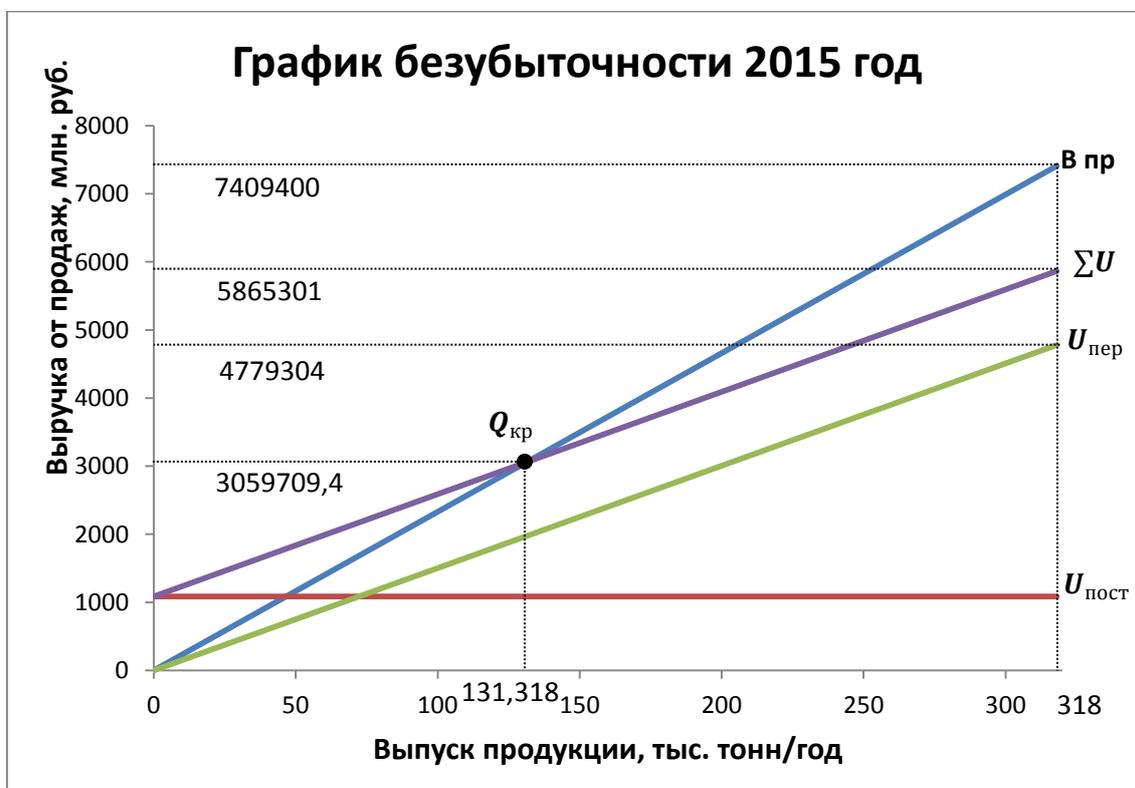


Рис. 3.2 График безубыточности при N= 318 тыс. тонн

Таблица 3.12 Техничко–экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	2014	2015
Объем производства	тыс. т	300	318
Объем продаж	тыс. т	300	318
Цена за тонну	тыс. руб.	23,3	23,3
Выручка от продаж	тыс. руб.	6990000	7409400
Суммарные издержки,	тыс. руб.	5595692	5865301
в т.ч переменные издержки	тыс. руб.	4509695	4779304
в т. ч. постоянные издержки	тыс. руб.	1085997	1085997
Операционная прибыль	тыс. руб.	1394308	1544099
Налог на прибыль	тыс. руб.	278861,6	308819,8
Чистая прибыль	тыс. руб.	1115446,4	1235279,2
Себестоимость 1 тонны продукции	тыс. руб.	18,65	18,49
Стоимость основных средств	тыс. руб.	781957	781957
Численность основных рабочих	чел.	60	60
Фондовооруженность	тыс. руб./чел	13033	13033
Фондоотдача	руб./руб.	8,94	9,48
Фондоёмкость	руб./руб.	0,11	0,105
Производительность труда	тыс. руб./чел	93262	97755
Рентабельность производства	%	19,93	21,06
Рентабельность продаж	%	15,96	16,67
Qкр. (критический объем продаж)	тыс. т	131,318	131,318
Qкр. (критический объем продаж)	тыс. руб.	3059709,4	3059709,4

### **Вывод:**

В результате увеличения загрузки производственной мощности на 6 % и, соответственно, использования «эффект масштаба», мы получили следующий экономический эффект:

1. Снижение себестоимости на 1 тонну с 18,65 до 18,49 (на 0,86 %)
2. Увеличение выручки от продажи с 6990000 до 7409400 (на 5,66 %)
3. Увеличение чистой прибыли с 1115446,4 до 1235279,2 (на 9,7 %)
4. Увеличение выплат по налогам с 278861,6 до 308819,8 (на 9,7%)
5. Увеличение показателя фондоотдачи с 8,94 до 9,48 (на 5,7 %)
6. Увеличение производительности труда с 93262 до 97755 (на 4,6 %)
7. Увеличение рентабельности производства с 19,93 до 21,06 (на 5,37 %)
8. Увеличение рентабельности продаж с 15,96 по 16,67 (на 4,26 %)
9. Точка безубыточности осталась неизменной и составляет 131,318 т.