

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

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

20.03.01 «Техносферная безопасность»

профиль «Инженерная защита окружающей среды»

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Модернизация схемы слива СУГ в цехе Д-1-И-1 ООО  
«Тольяттикаучук»

Студент

В.В. Столяров

Руководитель

Ю. Н. Шевченко

**Допустить к защите**

Зав. кафедрой

«Рациональное

природопользование

и ресурсосбережение»

к.п.н., М.В.Кравцова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Тольятти 2016

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

## ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

\_\_\_\_\_ М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016г.

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение бакалаврской работы

Студент: Столяров Владимир Владимирович

1. Тема: Модернизация схемы слива сжиженных углеводородных газов в цехе Д-1-И-1 ООО «Тольяттикаучук»

2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к бакалаврской работе: Технологическая схема слива СУГ цеха И-1-Д-1.

4. Содержание выпускной бакалаврской работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

- анализ существующей схемы железнодорожных сливо-наливочных эстакад ООО «Тольяттикаучук»

- предлагаемые технические решения модернизации технологической схемы

5. Дата выдачи задания «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель бакалаврской работы

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Ю.Н. Шевченко  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

В.В. Столяров  
(И.О. Фамилия)

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

## ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

\_\_\_\_\_ М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016г.

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН бакалаврской работы

Студента: Столярова Владимира Владимировича

по теме: Модернизация схемы слива сжиженных углеводородных газов в  
цехе Д-1-И-1 ООО «Тольяттикаучук».

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководите ля
Введение	15.05.2016			
Анализ существующей схемы железнодорожных сливо-наливочных эстакад ООО «Тольяттикаучук»	24.05.2016			
Предлагаемые технические решения модернизации технологической схемы	30.05.2016			
Заключение	2.06.2016			

Руководитель выпускной  
бакалаврской работы  
Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

(подпись)

Ю.Н. Шевченко

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

В.В. Столяров

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Тема бакалаврской работы: «Модернизация схемы слива СУГ в цехе Д-1-И-1 ООО «Тольяттикаучук».

Бакалаврская работа изложена на 53 листах, включает 8 таблиц, 61 литературный источник.

Цель данной работы: сокращение потерь изобутана и изобутилена, с помощью изменений в схемах железнодорожных сливо-наливочных эстакад.

Актуальность данной темы: обусловлена потерями изобутана и изобутилена при сливо-наливочных, стравливанием углеводородных газов на факел, а так же неполным освобождением железнодорожных цистерн от паров углеводорода.

В данной работе исследовалась технологическая схема слива сжиженных углеводородных газов. В ходе исследования проводилось сравнение типов компрессоров, для компремирования отдувок в результате чего, нами был принят наиболее эффективный тип компрессоров – винтовые.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка используемых источников.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи исследования. Первая глава посвящена исследованию существующей схемы слива СУГ, составу и свойствам сырья, образованию выбросов и влиянию на окружающую среду. Во второй главе проведено совершенствование технологической схемы, проведено сравнение типов промышленных компрессоров, выбрана оптимальная модель компрессора, проведен экономический расчет эффективности предлагаемой схемы. Заключение содержит основные выводы и предложения, направленные на повышение энергоэффективности работы цеха Д-1-И-1 предприятия ООО «Тольяттикаучук».

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СХЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СЛИВО-НАЛИВОЧНЫХ ЭСТАКАД ООО «ТОЛЬЯТТИКАУЧУК»	8
1.1 Характеристика существующей схемы железнодорожных сливо-наливочных эстакад ООО «Тольяттикаучук»	9
1.2 Характеристика используемого сырья	12
1.3 Характеристика основных опасностей	13
1.4 Природные условия района	14
1.5 Воздействие на атмосферный воздух в период эксплуатации объекта	16
ГЛАВА 2 ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ	22
2.1 Выбор компрессора	22
2.2 Предлагаемое техническое решение	26
2.3 Принцип работы установки	31
2.4 Блок автоматизированной компрессорной установки	39
2.5 Средства контроля и автоматики	40
2.6 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	42
2.7 Экологическая оценка	43
2.8 Экономическая эффективность	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	49

## **СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

**Ж.Д.Ц.** – железнодорожная цистерна

**И** – изобутан

**ИИФ** - изобутан-изобутиленовая фракция

**КИП** – контрольно-измерительные приборы

**НД** – нормативная документация

**НС** – насосная станция

**ПДК** – предельно-допустимая концентрация

**ТБО** – твердые бытовые отходы

**РФ** – Российская Федерация

**СНЭ** – сливо-наливочная эстакада

**СУГ** – сжиженные углеводороды

**ТЗ** – техническое задание

**ТР** – технологические решения

## ВВЕДЕНИЕ

Тольятти – город большой химии, здесь сосредоточены крупнейшие в своей отрасли химические предприятия: «Тольяттиазот», «Куйбышевазот», «Фосфор», «Тольяттикаучук». Кроме того, здесь расположены две ТЭЦ, гигант по производству легковых автомобилей АвтоВАЗ. Как и любое химическое производство «Тольяттикаучук» оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека[3].

**Актуальность темы исследования.** Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в настоящее время – одна из обсуждаемых проблем современности. Объектом исследования данной работы является цех Д-1 И-1в котором осуществляется прием, хранение и отпуск углеводородного сырья и промежуточных продуктов технологических цехов предприятия. Проблемой данного цеха является потери изобутана и изобутилена при сливо-наливочных, стравливание углеводородных газов на факел, а так же неполное освобождение железнодорожных цистерн от паров углеводорода.

Цель работы является сокращение потерь изобутана и изобутилена, с помощью изменений в схемах железнодорожных сливо-наливочных эстакад.

Уменьшение объемов сжигаемых газов на факеле, за счет их использования в сливо-наливочных работах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать воздействие цеха на окружающую среду
2. Проанализировать аппаратную схему цеха
3. Предложить модернизацию
4. Определить экономическую и экологическую эффективность

## **ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СХЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СЛИВО-НАЛИВОЧНЫХ ЭСТАКАД ООО «ТОЛЬЯТТИКАУЧУК»**

ООО «Тольяттикаучук» - дочернее общество СИБУРа и одно из крупнейших предприятий нефтехимического комплекса России, расположенное в Тольятти.

На предприятии действует шесть производств:

- сополимерных каучуков мощностью 92,8 тыс. тонн в год
- бутилкаучука мощностью 48 тыс. тонн в год;
- бутадиена мощностью 60 тыс. тонн в год
- добавки к бензину мощностью 35 тыс. тонн в год;
- изопрена мощностью 90 тыс. тонн в год;
- изопреновых каучуков мощностью 60 тыс. тонн в год;
- и.и.ф. мощностью 105 тыс. тонн в год
- изобутилена мощностью 40 тыс. тонн в год[7].

На базе производства изопрена действуют мощности по производству метил-трет-бутилового эфира (высокооктановой добавки к бензину). Мощности предприятия по эфиру составляют 75 тыс. тонн в год.

Промышленная инфраструктура предприятия расположена на территории 280 гектаров.

Основная деятельность предприятия – производство синтетических каучуков различных марок. Сополимерные каучуки применяются в шинной, резинотехнической и других отраслях промышленности. Изопреновый каучук используется для изготовления шин и резинотехнических изделий, медицинских изделий, резин, соприкасающихся с пищевыми продуктами. Бутилкаучук применяется для изготовления автокамер, изделий медицинского и пищевого назначения, в строительной промышленности.

Так же предприятие производит углеводородные фракции, продукты органического и неорганического синтеза, мономеры, полимеры, присадки

для автомобильных бензинов (метанольную высокооктановую добавку и метил-трет-бутиловый эфир).

Отгрузка товарной продукции производится как на внутренний рынок, так и на внешний. В качестве сырья используются изоботановая, изобутан-изобутиленовая, изопрен-изоамиленовая фракция, пиролизная фракция, метанол, стирол,  $\alpha$ -метилстирол, обеспечение которыми производится со стороны.

Электрической и, частично тепловой энергией предприятие обеспечивается ТЭЦ, топливом – Тольяттимежрайгазом, речной водой – от водозабора, расположенного на Куйбышевском водохранилище.

На предприятии на существующее положение действует 611 источников загрязнения атмосферы, в том числе:

- организованных источников – 522;
- неорганизованных источников – 89.

Количество выбрасываемых загрязняющих веществ – 65.

### **1.1 Характеристика существующей схемы железнодорожных сливо-наливочных эстакад ООО «Тольяттикаучук»**

Цех Д-1-И-1, Д-1а предназначен для приема, хранения и отпуска углеводородного сырья и промежуточных продуктов технологических цехов предприятия. Сырьевые потоки в цех поступают в железнодорожных цистернах через сливо-наливные эстакады.



**Рисунок 1 – Сливно-наливные эстакады**

Отделение И-1 состоит из производственных участков – резервуарного парка, отопляемого здания с насосной и помещениями вспомогательного назначения (помещения управления, РП-1, РП-4, кабинетов для администрации, вентустановок), железнодорожной СНЭ, открытой насосной.

Прием сырья осуществляется из ж/д цистерн через СНЭ отделения И-1, хранение углеводородного сырья промежуточных продуктов производства - в шаровых резервуарах:

- №1/1-1/4, 3/1 (5шт) – изобутана (И) или изобутан-изобутиленовой фракции (ИИФ) через стояки №1-10;
- №6а, 9/2 – изобутиленовой фракций (ИФ) через стояки № 5-10.

Прием сырья осуществляется из ж.д.ц. через сливно-наливную эстакаду отделения И-1 по стоякам №1-10 (изобутана), №5-10 (изобутиленовой фракции).

Согласно плану локализации аварийных ситуаций, для аварийного освобождения любого из резервуаров от изобутана или ИИФ резервуар №1/1 постоянно находится без продукта под небольшим давлением азотной подушки.

В настоящее время операции по приему изобутана сжиженного углеводородного сырья из ж.д.ц., а так же промежуточных продуктов из технологических цехов осуществляется путем выдавливания жидкой фазы из железнодорожных цистерн азотом при постоянном стравливании газовой подушки ( отдувок ) из приемных резервуаров на факел. Нормативное время слива сжиженных углеводородов из железнодорожных цистерн достигается при условии обеспечения постоянства положительного перепада давления между ними и приемным резервуаром в пределах 1-1,5атм., (231-340 нм<sup>3</sup> на 1 железнодорожную цистерну.) на поддавливание. С отдувками из резервуаров уносится значительное количество (50-80% об.) углеводородов на сжигание, увеличивая при этом экологическую нагрузку.

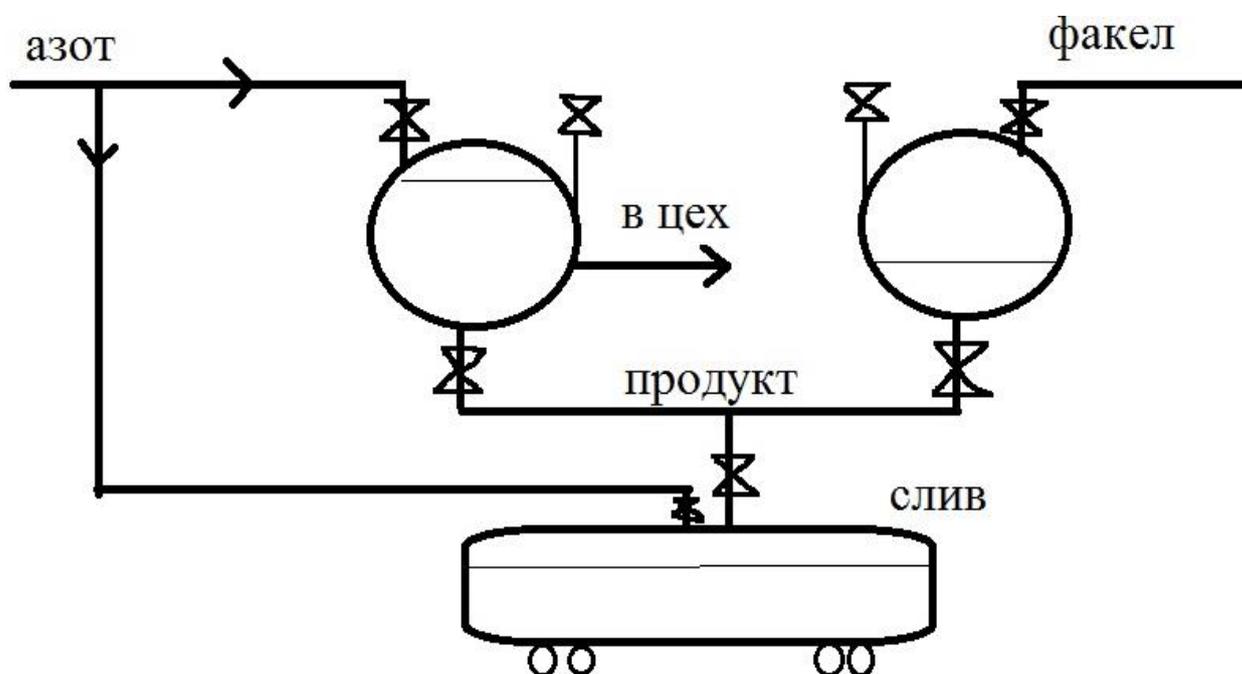


Рисунок 2 – Схема слива СУГ из ж.д.ц.

После окончания выдавливания жидкой фазы в ж.д.ц. в газовой фазе так же остается значительное количество паров углеводородов (от 105 до 559 кг в одной железнодорожной цистерне в зависимости от температуры окружающей среды), возвращаемое поставщику в опорожненной железнодорожной цистерне и теряемое в дальнейшем при наливных операциях. В связи с прекращением поставок изобутана по магистральному трубопроводу, переводом их на железнодорожный транспорт через СНЭ отд.И-1 значительно возросли потери углеводородов.

В отделении Д-1 расположенном на общей территории с отделением И-1, осуществляются аналогичные операции по приему, хранению, отпуску цехам – потребителям углеводородного сырья и промежуточных продуктов. Кроме этого производится налив бутановой фракции в ж.д.ц. На поддавливание ж.д.ц. и резервуаров при этом расходуется чистый азот, а отдувки направляются на факел через узел абсорбции цеха Д-3-5, имеющий достаточно высокую степень извлечения углеводородов

## **1.2 Характеристика используемого сырья**

Все продукты, хранящиеся в отделении, образуют с воздухом взрывоопасные смеси, при вдыхании действуют поражают органы человека, центральную нервную систему, вызывают раздражения и наркотический эффект.

**Изобутан** - бесцветный газ без запаха, растворяется в органических растворителях, с водой образует клатраты.

Содержится в газовом конденсате и нефтяных газах. Горюч.

Используется:

- Как хладагент
- В качестве сырья для процесса алкилирования и производства МТБЭ в нефтепереработке.
- Благодаря высокому октановому числу (100) изобутан применяется в качестве компонента горючего для двигателей внутреннего сгорания.

Также изобутан часто применяется в качестве наполнителя в баллончиках с аэрозолем.

- Используется в газовых зажигалках и баллонах заправки к ним[8].

**Изобутилен** - бесцветный газ с резким неприятным запахом. Растворим в спиртах, эфире, углеводородах. Плохо растворим в воде. Изобутилен обладает всеми химическими свойствами олефинов. Легко полимеризуется под действием кислот Льюиса, катализаторов Циглера-Натты в полиизобутилен. сополимеризуется с 1-5% изопрена с образованием бутилкаучука.

В промышленности изобутилен получают:

- как побочный продукт производства бензинов или этилена каталитическим и термическим крекингом либо пиролизом жидких нефтепродуктов и нефтяных газов;

- каталитическим дегидрированием изобутана, выделяемого из газов нефтепереработки и попутных газов. Процесс проводится на алюмохромовом катализаторе при 560-600°C и давлении 0.1-0.2 МПа. Выход изобутилена - 42-48%.

Применяется, как промежуточный продукт при производстве метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ), 2,4-ди-трет-бутилфенола, ионола, трет-бутанола, изооктана;

- для производства высококачественного авиационного топлива;
- как сырье при получении бутилкаучука и полиизобутилена [4].

### **1.3 Характеристика основных опасностей**

Основные опасности производства обусловлены следующими особенностями технологического процесса, выполнения отдельных производственных операций, особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации, а именно:

Наличием большого количества сжиженных углеводородных газов (СУГ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), что определяет опасность взрыва и пожара.

Образование взрывоопасных концентраций возможно:

- в железнодорожных цистернах и технологическом оборудовании при попадании в них воздуха;
- в районе сливо-наливных эстакад при пропусках продукта из оборудования и коммуникаций;
- в канализационных сетях (в районе сливо-наливных эстакад) при попадании углеводородов в канализацию.

Все продукты, находящиеся на установке, имеют низкую температуру вспышки и высокую упругость паров.

При пожароопасности установка относится к категории «Ан». По взрывоопасности установка относится к классу «В-1г».

Кроме того эти вещества вызывают опасные наркотические и раздражающие симптомы. В связи с этим в местах возможного скопления газов установлены датчики довзрывной концентрации.

#### **1.4 Природные условия района**

Промышленность г.Тольятти использует воздушный бассейн, с одной стороны, как сырьевой ресурс., с другой - как место для сброса в него побочных продуктов, образующихся в результате переработки сырья отраслевыми технологическими процессами. В промышленном узле зарегистрировано 3852 источника загрязнения, из них 2016 не оборудовано газоочистными установками и имеют высоту до 50м, что увеличивает концентрацию вредных веществ в приземном слое.

Основными источниками загрязнения воздушного бассейна города являются предприятия химической, нефтехимической промышленности, энергетики и машиностроения, а также автотранспорт. В воздушном бассейне города присутствуют следующие загрязняющие вещества от

промышленных предприятий с концентрацией выше ПДК: взвешенные частицы (пыль) - 9,6 ПДК; окислы азота - 8,1 ПДК; окись углерода - 1,2 ПДК; аммиак - 9,3 ПДК (в Комсомольском районе); в Центральном районе, помимо указанных выше веществ наблюдается сернистый газ т 5,6 ПДК; фтористый водород - 4,9 ПДК; формальдегид - 2,7 ПДК и другие (вероятно, сказывается непосредственное соседство жилой застройки с Северной промзоной, где расположены заводы химической промышленности и цементного машиностроения, а также ТЭЦ)[1].

Отделение И-1 расположено с восточной стороны на расстоянии 450м от основной площадки предприятия ООО «Тольяттикаучук» в северном пром. узле Центрального района г. Тольятти в Самарской области. Рельеф общей площади ровный с небольшим уклоном в северную сторону.



**Рисунок 3 – Расположение северного промышленного узла**

В северном промышленном узле сосредоточено множество предприятий, но при расчетах ПДК это не учитывается. В выбросах содержатся вредные и в том числе канцерогенные вещества, такие как бензапирен, поэтому уменьшение объемов выбросов является первостепенной задачей. Один из самых опасных среди них является бензапирен — один из самых мощных и при этом широко распространенный канцерогенов. Будучи химически и термически устойчивым, обладая свойствами биоаккумуляции, он, попав и накапливаясь в организме,

действует постоянно и мощно. Помимо канцерогенного, бензапирен оказывает мутагенное, эмбриотоксическое, гематотоксическое действие.

В таблице 1 приведена климатология г. Тольятти, а в таблице 2 коэффициенты, определяющие условия рассеивания.

**Таблица 1 – Климатология г. Тольятти**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С)												
-11,0	-10,7	-4,5	6,4	14,4	18,8	20,7	18,7	13,0	5,5	-2,3	-7,9	10,7
Среднее месячное и годовое количество осадков (мм)												
36	28	26	29	40	56	61	49	46	47	37	36	492
Число дней с осадками более 1мм												
9,3	7,8	5,7	5,8	6,2	8,3	7,4	7,7	8,1	8,8	8,6	9,8	93,5
Число дней с туманом												
1,4	1,6	2,4	1,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	1,0	1,6	0,9	11,2
Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с)												
3,7	3,5	3,5	3,4	3,3	2,9	2,7	2,6	3,0	3,8	3,9	3,9	3,4

**Таблица 2 - Фоновые концентрации вредных веществ в воздухе**

Перечень вредных веществ	Номер поста	Фоновая концентрация, мг/м <sup>3</sup>				
		При скорости 0-2 м/с, любое направление	При скорости ветра 3-8 м/с, и направлении			
			Север	Восток	Юг	Запад
Азота диоксид	2	0,106	0,087	0,089	0,074	0,078
Серы диоксид	2	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006
Углерода оксид	2	2,23	2,04	2,15	1,70	1,82
Суммарные углеводороды - в пересчете на метан	2	3,44	3,53	3,95	3,00	3,73
Азота оксид	4	0,026	0,022	0,021	0,023	0,04
Толуол	8	0,036	0,033	0,039	0,042	-
Ксилол	8	0,061	0,054	0,052	0,041	0,048

### **1.5 Воздействие на атмосферный воздух в период эксплуатации объекта**

В процессе эксплуатации технологического оборудования на ООО «Тольяттикаучук» имеют место выбросы в атмосферу следующих

загрязняющих веществ: азота диоксида, серы диоксида, углерода оксида, изопентана, углеводородов, изопрена, метанола, МТБЭ, формальдегида, бутилена, бутадиена, изобутилена, толуола и др.

Валовый выброс загрязняющих веществ по разрешению на выброс загрязняющих веществ в атмосферу №561 от 25.06.2007 г., выданному Управлением по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по Самарской области, составляет 6124,75 т/год, в том числе:

### Основные выбросы ООО "Тольяттикаучук"

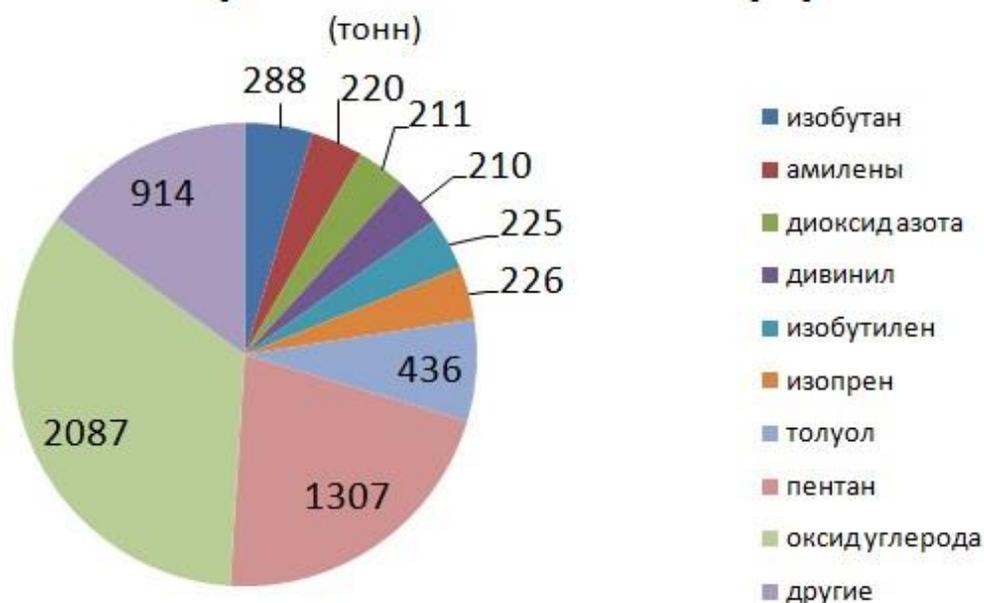


Рисунок 4 - Основные выбросы ООО "Тольяттикаучук"

Загрязнение воздушного бассейна происходит в основном через воздушки, вентрубы, неплотности технологического оборудования, факела и дымовые трубы печей.

С изменением схемы слива СУГ в отделении И-1 качественный состав выбросов загрязняющих веществ не изменится.

При изменении схемы железнодорожных сливо-наливных эстакад и резервуарных парков в отделениях И-1 и Д-1а появление новых источников выбросов загрязняющих веществ не произойдет, однако увеличатся выбросы изобутана от существующих ист. №6002, 6003, 6035 от неплотностей технологического оборудования (запорно-регулирующей арматуры,

фланцевых соединений) за счет переобвязки резервуаров, монтажа новых линий от компрессора до резервуаров и СНЭ, коллектора отдувок. Дополнительный выброс загрязняющих веществ (изобутана) определен расчетным путем проектно-конструкторским отделом предприятия и составляет 0,746 г/с (22,56 т/год).

Количество изобутана, выбрасываемого от данных источников после изменения схемы слива СУГ представлено в таблице 1.3.

При реализации проекта сокращаются выбросы загрязняющих веществ от факела №1 за счет организации сливо-наливочных операций по закрытой схеме без стравливания на факел. Снижение выбросов составит – 0,9474 г/с (28,084 т/год). Выбросы загрязняющих веществ от факела определены расчетным путем проектно-конструкторским отделом ООО «Тольяттикаучук».

**Таблица 3 – Источники выбросов**

Наименование цеха	Номер источника выброса	Наименование выброса загрязняющих веществ	Код и наименование вещества	Выбросы загр. веществ	
				г/с	т/год
И-1	6002	Неплотности технологического оборудования	412 Изобутан	1,056	30,06
И-1	6003			0,5861	20,02
Д-1а	6035			0,688	20,03

Вклад источников проектируемого объекта при увеличении выбросов изобутана от источников №6002, 6003, 6035 не превышает 0,1 ПДК населенных мест на границе СЗЗ и в ЖЗ, поэтому расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ от проектируемого объекта выполнен без учета выбросов одноименных загрязняющих веществ от источников ООО «Тольяттикаучук».

Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых от источника после изменения схемы слива СУГ представлено в таблице 4.

**Таблица 4 – Количество загрязняющих веществ**

Наименование	Номер источника	Наименование источника выброса загрязняющих веществ	Код и наименование вещества	Выбросы загр. веществ	
				г/с	т/год
Факельное хозяйство	0107	Труба	0301 Азота диоксид	0,0166	3,069
			0304 Азота оксид	0,144	1,169
			0337 Углерод оксид	2,394	72,408
			0415 Углеводороды	0,0066	0,201
			0703 Бензапирен 03	0,00000	0,00001

Расчет рассеивания всех загрязняющих веществ от источников №0107 нецелесообразен, т.к. коэффициент целесообразности расчета (отношение суммы максимальных приземных концентраций вредных веществ от источника к предельно-допустимой концентрации) меньше 0,01.

Сжигание на факельных установках. При сжигании на факельных установках используется газообразное или жидкое топливо. При этом необходим избыток кислорода на 10—15% больше стехиометрического количества. Обычно на факельных установках сжигают попутные газы, метан, пропан и другие углеводороды. Оборудование для сжигания в этом случае включает горелку, установленную на стальной трубе, по которой идет газ. Чтобы пламя факела было не коптящим (при сжигании углеводородов с низким соотношением углерод — водород), добавляют воду в виде пара. При этом происходит реакция водяного пара с углеводородами с образованием водорода и CO.

В зависимости от характера сжигания факельные установки подразделяются на три типа: факелы, в которых сжигаемый газ и воздух предварительно смешиваются вне зоны горения; факелы, в которых кислород соединяется с сжигаемым газом в момент горения; комбинированные

факелы, в которых часть кислорода предварительно смешивается с горючим газом, а недостающий кислород поступает из окружающей среды.

По способу расположения факельной горелки установки могут быть высотными и наземными. В высотных установках горелка расположена в верхней части факельной трубы и продукты сгорания непосредственно поступают в атмосферу. В наземных установках горелка расположена на не большом расстоянии от земли, а продукты сгорания отводятся в атмосферу через дымовую трубу.

В зависимости от давления установки подразделяют на установки низкого (до 0,2 мПа) и высокого (выше 0,2 мПа) давления.

По периодичности работы они могут быть периодического и постоянного действия, а по месту расположения — отдельно стоящие и размещенные на технических установках.

В зависимости от состава газов, поступающих на сжигание, установки подразделяют на сухие и мокрые. Мокрые предназначены для сжигания газов, содержащих водяные пары и тяжелые углеводороды, а сухая — для сжигания сухих паров углеводородов с молекулярной массой менее 45 при температуре 0°. Основная часть факельной установки — факельная труба и горелка[5].

Снижение газовых выбросов на факельных установках позволяет значительно уменьшить загрязнение воздушного бассейна токсичными веществами, однако утилизация сбросных газов газоперерабатывающих предприятий, на факельном хозяйстве не может быть признана рациональным методом защиты окружающей среды. Степень загрязнения атмосферы зависит от количества выбросов вредных веществ и их химического состава, а также во многом от характеристики самого источника выбросов — высоты источника над уровнем земли, скорости, объема и температуры газового выброса из устья трубы, размеров неорганизованного источника, расположения источника на заводской площадке и т. д. В соответствии с этим источники загрязнения атмосферы различаются по

мощности выброса (мощные, крупные, мелкие), высоте выброса (низкие, средней высоты и высокие), температуре выходящих газов (нагретые, холодные)[4].

## ГЛАВА 2. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Недостатком существующей схемы слива СУГ (открытой) является большой объем газов сжигаемых на факельной установке. Во время сжигания на факеле в атмосферу выделяются такие опасные вещества как бензапирен, диоксиды азота, оксиды углерода и азота, накапливающиеся в организмах и наносящих непоправимый вред, особенно на фоне общего повышенного фона бензапирена.

Проведя анализ способов слива СУГ из железнодорожных цистерн, можно сделать вывод, что можно отказаться от стравливания на факел в пользу установки компрессора.

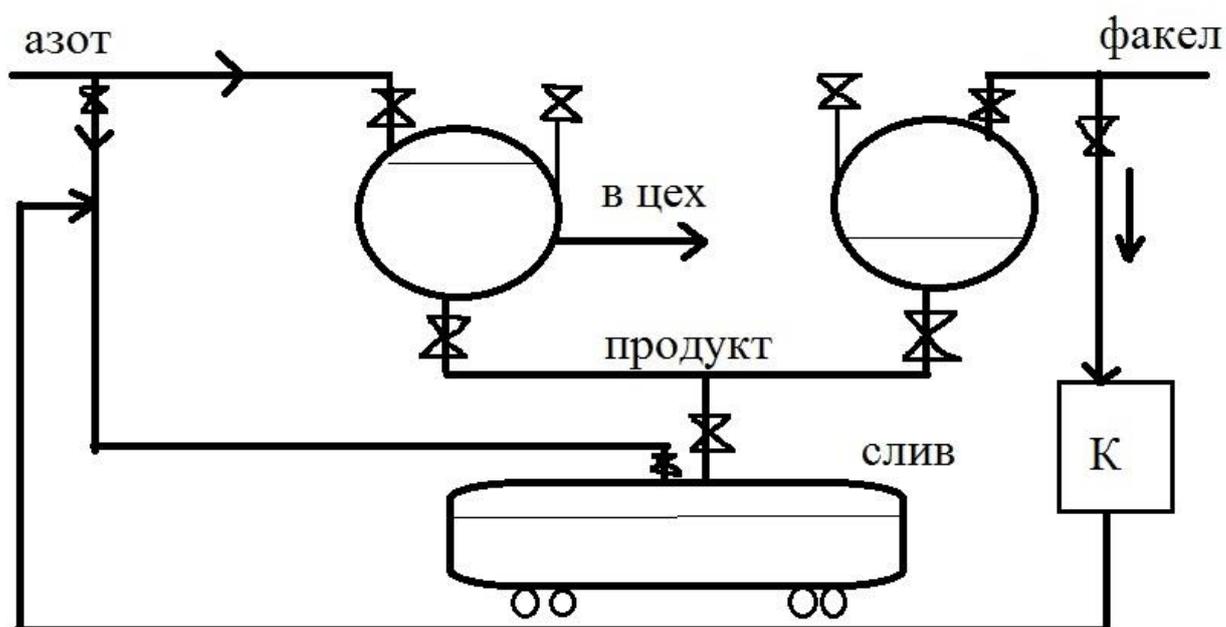


Рисунок 5 – Схема слива СУГ с применением компрессора

### 2.1 Выбор компрессора

В промышленности чаще всего используется 2 типа компрессоров - винтовые и поршневые, чтобы обеспечить предприятие сжатым воздухом. И если, как правило, изобретенное, более совершенное оборудование

достаточно быстро вытесняло устаревшие аналоги, то поршневые компрессоры по-прежнему существуют и применяются в промышленности. Учитывая, что приобретение техники весьма дорогостоящее удовольствие, специалисты предпочитают обращаться к проверенным вариантам, не рискуя внедрять новые изобретения. В основном ориентируются на следующие факторы:

- стоимость приобретения оборудования и его монтаж
- энергопотребление
- затраты на техническое обслуживание и ремонт, стоимость расходных материалов
- стоимость дополнительного оборудования (системы очистки, осушители и т.д.)

Разберем по пунктам особенности и преимущества двух типов компрессоров:

Первоначальная стоимость самого оборудования может различаться в пользу поршневого компрессора, однако следует учесть наперед такие важные пункты как расход электричества и монтаж. Энергопотребление - это один из наиболее важных моментов при выборе техники, в связи с тем, что это одна из самых больших статей расходов. Производители продолжают совершенствовать характеристики винтовых компрессоров, и на сегодняшний день их энергозатраты значительно ниже чем у поршневых аналогов. Чтобы запустить винтовой компрессор достаточно подключить его к электросети, а использование воздушной системы охлаждения значительно упрощает эксплуатацию. Некоторые модели оснащены частотно-регулируемым приводом, которые позволяет контролировать производительность, а значит и расход электричества (экономится до 30-50%), что является весомым преимуществом. Несмотря на улучшение и усложнении конструкции винтовые агрегаты отличаются высокой надежностью.

Работа поршневого агрегата характеризуется сильной вибрацией и высоким уровнем шума, поэтому для установки машин мощностью выше 20 кВт необходимо выделить отдельное помещение и уложить специальный фундамент, из-за чего перенос техники составит определенные сложности. Для установки винтового компрессора достаточно ровной площадки, так как его конструкция оснащена резиновыми опорами для гашения вибрации, а также звукоизоляционным кожухом. Таким образом, его вполне можно расположить непосредственно рядом с потребителями воздуха (и таким образом отказаться от транспортировки воздуха на большие расстояния), и при этом не создавая дискомфорта, находящимся рядом сотрудникам.

Во время работы техника естественно нагревается и соответственно необходима система вентиляции, которая защитит оборудование от перегрева. Если винтовой компрессор находится в плохо проветриваемом помещении, потребуется монтаж системы подачи воздуха и отвода тепла непосредственно из кожуха. Однако иногда можно использовать данное тепло на пользу и сэкономить энергию, используемую для отопления помещения. Для изготовления вентиляционных каналов подойдут простые недорогие материалы. Для стабильной работы поршневого агрегата нужны дополнительные приточные и вытяжные вентиляторы (дополнительные затраты электроэнергии).

В конструкции винтового компрессора используется минимальное количество трущихся деталей. Его основным компонентом является пара взаимосоотнесенных винтов, которые, вращаясь в противоположных направлениях, гонят воздух в специальную камеру для сжатия. При этом зазоры между винтами заполнены маслом, за счет чего трение полностью исчезает. А возвратно-поступательное движение поршня в поршневых агрегатах наоборот способствует износу. Таким образом, срок службы винтовой пары как элемента на порядок выше цилиндра поршневой группы в силу технологических особенностей.

Простота обслуживания - также является значимым преимуществом винтовых компрессоров. Современные электронные системы управления позволили почти полностью исключить человеческий фактор. Процесс обеспечения сжатым воздухом стал прост как никогда. Капитальный ремонт требуется примерно каждые 40 000 моточасов, поршневым же агрегатам - каждые 16 000 моточасов + частая замена клапанов, поршневых колец, вкладышей и других быстроизнашивающихся деталей, которых в винтовом компрессоре нет. Не говоря уже о том, что трудозатраты для поршневого оборудования требуются немалые. К тому же в винтовых агрегатах используется более совершенный маслоотделитель, соответственно содержание масла в воздухе меньше и качество воздуха на порядок выше, чем у поршневых аналогов. Главное в соответствии с графиком проводить чистку или замену фильтров. Наконец поток воздуха образованный винтовым блоком отличается ламинарностью, при этом нет пульсации давления, возникающей в системе поршневого компрессора. К последнему в дополнение рекомендуется приобретать ресивер большого объема[6].

Для установки в цехе И-1-Д-1 лучше всего подходит винтовой компрессор т.к.:

- имеет меньше трущихся деталей, а значит меньше нагревается, что важно при работе с ЛВЖ;
- имеет более долгий ресурс работы и большой межсервисный интервал;
- меньше шума и вибрации – безопасность и удобство работы обслуживающего персонала.

## 2.2 Предлагаемое техническое решение

В отделении И-1 на площадке в районе расположения открытой метанольной насосной (категория А) на месте недействующей металлической этажерки, устанавливается модульная автоматизированная компрессорная установка ВГ 25/1,8-7-К-УХЛ1 в блок-боксе. Этажерка при этом демонтируется.

Отдувки из резервуаров №1/1-1/4, 3/1, №6а и 9/2 отд.И-1 при их заполнении направляются на узел компремирования по коллектору Ду150. Для сбора отдувок используется уравнительная линия между резервуарами, однако при этом для исключения попадания загрязненного азота в резервуары №6а и 9/2 с изобутиленовой фракцией (ИФ) на выходе отдувок из них сохраняется существующий обратный клапан. Для достижения стабильности давления в приемном резервуаре на заданном уровне (в пределах 4-4,5 атм.) на выводе отдувок на узел компремирования предусматривается установка на общем участке нового регулятора давления «до себя». Резервуары №1/1-1/4, 3/1, №6а и 9/2 отд.И-1 оснащаются дополнительными уровнемерами с сигнализацией их заполнения выше допустимого уровня.

Отдувки газовой фазы из ж.д.ц. с изобутаном, изобутиленом или их фракцией, опорожняемых на СНЭ И-1, так же направляются на узел компремирования по ответвлению от линии стравливания на факел. Запорная арматура на выходе отдувок на факел пломбируется и открывается только в обоснованных случаях (аварийная ситуация, неисправность на компрессорной установке и т.д.). Отсос паров СУГ из ж.д.ц. до минимально допустимого (0,5-0,7 атм.) может осуществляться поочередно по мере их опорожнения в процессе слива остальных, с учетом полноты загрузки компрессора.

Резервуар аварийного освобождения №1/1, свободный от продукта, по новой линии сообщается с коллектором отдувок на узел компремирования,

создавая этим буферную емкость на всасе компрессора под избыточным давлением 0,1-0,7 атм.

На новом узле компримирования устанавливается сепаратор №20 для сепарации отдувок от конденсата, монтируются сети для обеспечения компрессорной установки азотом, воздухом КИП, а так же для отвода углеводородного конденсата, аварийных сбросов от ППК и продувочных газов. Предусмотрен обогрев сепаратора наружным змеевиком. В качестве теплоносителя через змеевик в зимнее время циркулирует горячий керосин от существующей установки. Появление уровня конденсата в сепараторе контролируется уравнимером с сигнализацией. Сепаратор освобождается от жидкой фазы (СУГ) по мере их появления отпаркой за счет тепла наружного змеевика или при необходимости – теплом горячего газа температурой 60-80 гр.С, перепускаемого от нагнетания компрессора в сепаратор. Предусматривается возможность периодического выдавливания жидкой фазы в один из резервуаров. Кроме контроля, уровень жидкости в сепараторе включен в систему противоаварийной защиты (ПАЗ) компрессорной установки – блокировки пуска и автоматической остановки компрессора. Для продувки от воздуха в атмосферу или от паров углеводородов в линию факела, конденсата в резервуары предусматривается стационарная линия подачи азота в сепаратор.

Давление в сепараторе №20 выдерживается в пределах 0,3 – 0,6 атм. автоматическими регуляторами давления, регулирующие клапаны которых установлены на линиях:

- перепуска сжатых отдувок в коллектор сбора отдувок. Клапан «НО» открывается при снижении давления ниже 0,3 атм., исключая возможность автоматической остановки компрессора;

- приема отдувок из коллектора в сепаратор №20. Клапан «НЗ» открыт при снижении давления в сепараторе №20 ниже 0,6 атм. Тем исключается завышение давления на всасе компрессора при залповых сбросах отдувок из опорожненных ж.д.ц.

Дальнейшее снижение давления ограничивается частотным преобразователем автоматического изменения скорости вращения роторов компрессора. В районе расположения сепаратора №20 устанавливается сигнализатор дозрывной концентрации паров углеводородов.

Для компримирования отдувок предусматривается применение модульной автоматизированной компрессорной установки, краткое описание его устройства приводится ниже.

Давление сжатых отдувок в распределительном коллекторе после компрессора выдерживается в пределах 5-5,5 атм., для чего предусмотрена подпитка коллектора чистым азотом из сети через автоматический регулятор давления «после себя» и автоматическое стравливание избытка давления на узел абсорбции цеха Д-3-5 через регулятор расхода с коррекцией по давлению в коллекторе при его достижении 5,5 атм. Сжатые отдувки из распределительного коллектора принимаются на поддавливание ж.д.ц. на СНЭ отд.И-1 и Д-1, а также расходных резервуаров (кроме резервуаров №6а, 9/2 с изобутиленом).

В резервуарных парках и СНЭ для подачи сжатого до 5,5 атм. Газа от компрессора до резервуаров отд.Д-1, №1/1-1/4, 3/1 отд.И-1, стояков на СНЭ И-1 и Д-1 монтируются новые линии. Для исключения загрязнения изобутилена через СНЭ И-1 на линиях подвода азота к стоякам устанавливаются обратные клапаны; для стабилизации давления сжатых отдувок распределительный коллектор связывается по существующим трубопроводам с емкостями №10/2,3 отделения Д-1а, выполняющими функции буфера. В случаях появления углеводородный конденсат из емкостей выдавливается в резервуары отд.Д-1а по линиям закрытого дренирования. Емкости оснащаются уравнивателями для сигнализации появления уровня жидкой фазы, датчиками давления для регистрации давления и сигнализацией его завышения. Для аварийного освобождения резервуаров от отдувок предусматривается дистанционно управляемый отсекающий на линии сброса на факел.

В районе расположения резервуаров №10/2,3 устанавливаются сигнализаторы дозрывной концентрации паров углеводородов (поз. 986в,г).

Для компримирования отдувок в схеме используется автоматизированная компрессорная установка модульного типа в блок-боксе, изготавливаемая в соответствии с техническим заданием, предусматривающим оснащение компрессорной установки следующими системами управления и противоаварийной защиты:

а) Запрет на пуск и аварийную остановку компрессора:

- при открытом состоянии клапана на сбросе газа на факел
- при закрытом состоянии электроклапанов или на входе или выходе газа;
- при отклонении избыточного давления газа на входе в компрессор после фильтра ниже 0,1 атм. Или завышении 0,8 атм.;
- при температуре масла в маслобаке или в напорном коллекторе на подшипнике ниже +5 град.С.;
- при отклонении отсутствия уровня масла в маслоотделителе в пределах норм по минимуму и максимуму;
- при отсутствии минимального уровня масла в маслобаке;
- при давлении масла в напорном коллекторе на подшипники менее 1.2 атм.;
- при давлении азота на узлы уплотнения валов менее 2,5 атм.;
- при давлении воздуха КИП на пневмоприводы менее 2,5 атм.;
- при наличии загазованности или обнаружения загорания в блок-боксе;
- при наличии уровня жидкой фазы в сепараторе №20 выше допустимой.

б) схемами управления и сигнализации отклонений от норм технологических параметров;

- На входе отдувок в компрессор установлен фильтр. Повышение перепада давления на фильтре до 0,7 атм. сигнализируется;

- Давление газа на всасе компрессора регулируется автоматическим регулятором путем изменения скорости вращения роторов в пределах 1800-3000 об/мин через частотный регулятор.

- Температуры всасываемого газа – регистрируется.

- Уплотнение вала компрессора со сторон низкого и высокого давления осуществляется газовыми затворами. Со стороны высокого давления уплотнительная камера соединена с линией всаса по разгрузочной линии. В качестве газа используется азот из сети давлением не меньше 2,5 атм. Для обеспечения надежности уплотнения предусмотрено автоматическое регулирование положительного перепада давления азота между его значениями в подводящем трубопроводе и в камере уплотнения регулирующим клапаном.

- Нагретый до температуры 80-85 град. С° при компримировании сжатый газ направляется через сепарационный маслоотделитель МО со встроенным фильтром в распределительный коллектор. Отбор сжатого газа от маслоотделителя МО компрессора осуществляется через клапан регулятора давления прямого действия КПД для предотвращения механических уносов масла при запуске компрессора. После достижения давления сжатия 3,5 атм. клапан КПД открыт полностью.

- Из маслоотделителя предусмотрена линия вывода сжатых отдувок к предохранительным клапанам для защиты установки от завышения давления (Руст = 6,9 атм.). По технологической схеме сброс отдувок предусмотрен в линию факела через блок предохранительных клапанов. В системе ПАЗ предусмотрена блокировка на остановку компрессора при завышении давления выше 6,0 атм. и сигнализация – при 5,8 атм.

- Завышение перепада давления на фильтре маслоотделителя до 0,8 атм. сигнализируется. Предусмотрена сигнализация по повышению температуры сжатого газа до 90гр.С, блокировка на остановку компрессора – при ее завышении до 100 гр.С.

- В маслоотделителе Мо выдерживается постоянный уровень масла, циркулирующего через рабочую полость компрессора. Масло из маслоотделителя возвращается во всасывающую полость компрессора через клапан регулятора температуры сжатого газа для смазки и уплотнения пары трущихся винтов в корпусе, отвода тепла сжатия в воздушном холодильнике. Температура масла регулируется автоматически в пределах 50-60 гр. С периодическим включением (и отключением) вентилятора воздушного маслоохладителя. Очистка охлажденного масла от загрязнений осуществляется в блоке маслофильтров. Предусмотрена сигнализация завывшения перепада давления масла на фильтрах до 0,8 атм.

Охлаждение подшипников компрессора предусмотрено принудительной циркуляцией масла из маслобака маслонасосом через воздушный маслоохладитель и фильтры тонкой очистки. Температура охлажденного масла выдерживается в пределах 40-50 гр.С автоматическим регулятором, включающим (и отключающим) вентилятор воздушного маслоохладителя. Снижение уровня масла в маслобаке, температуры масла на входе в подшипники и в маслобаке ниже 5 град С включены в систему ПАЗ установки по запрету пуска компрессора. Для возможности пуска компрессора в зимнее время предусмотрено отоплением блок-бокса, в котором размещены маслосистема и электрообогреватель.

Предусмотрена сигнализация отклонений параметров системы смазки подшипников от норм по:

- завывшению перепада давления на фильтре тонкой очистки выше 0,8 атм.;

- завывшению температуры возвратного масла из подшипников выше 80 гр. С. Очищенное масло после фильтров направляется в напорный коллектор. При падении давления масла в напорном коллекторе ниже 1,0 атм. предусмотрен автоматическая остановка компрессора.

Конструкцией компрессора предусмотрен контроль за отсутствием осевого сдвига роторов, с сигнализацией (при достижении 0,3 мм) и блокировке на остановку – при достижении 0,5 мм.

Предусмотрен постоянный контроль за состоянием воздушной среды в блок-контейнере. При появлении дозврывоопасной концентрации углеводородов предусмотрена сигнализация (7% НКПВ) и автоматическое включение вентиляторов воздушных маслоохладителей (11% НКПВ) с выбросом воздуха в атмосферу, автоматической остановкой электродвигателя компрессора, аварийное закрытие электрокранов на входе и на выходе газа в блок-боксы с компрессором и стравливание остатков отдувок на факел через электрокран.

Температура в блок-контейнере контролируется в выдачей информации на пульт дистанционного управления.

### **2.3 Принцип работы установки**

Компрессорная установка в сборе. Все агрегаты компрессорной установки кроме щитов системы автоматизации, частотного преобразователя и силовой аппаратуры смонтированы в блок-боксе.

Компрессор представляет собой объемную винтовую машину, основными рабочими органами которой являются два ротора, ведущий и ведомый.

Всасываемый газ через окно всасывания поступает во впадины винтовых поверхностей роторов. При вращении роторов газ заполняет впадины по всей длине роторов, затем отсекается от окна всасывания и начинается процесс сжатия зубьями ротора, входящими во впадины другого ротора. Процесс сжатия заканчивается в момент соединения впадин роторов с окном нагнетания.

В полость сжатия впрыскивается масло для уплотнения зазоров и отвода тепла, выделяющегося при сжатии газа.

Корпус компрессора состоит из блока цилиндров, камеры нагнетания и крышек, образующих подшипниковые камеры со стороны всасывания и нагнетания. Блок цилиндров имеет две пересекающиеся расточки, в которых размещаются винтовые части роторов. Ведущий ротор представляет собой четырехзаходный винт, ведомый – шестизаходный. Зубья винтов имеют специальный профиль. Роторы в корпусе размещены с минимальными диаметральными и торцовыми зазорами, исключающими касание при температуре нагнетания до 110 °С.

Блок цилиндров имеет в верхней части окно всасывания специального профиля, а камера нагнетания – окно специального профиля в нижней части.

В качестве опорных узлов приняты подшипники качения: роликовые и шариковые радиально-упорные. Упорные подшипники не воспринимают радиальные нагрузки. Осевая нагрузка на ведущем ротора с помощью тарельчатых пружин распределяется равномерно между двумя радиально-упорными подшипниками. Радиально упорные подшипники на ведомом роторе, жестко фиксируют ротор в осевом направлении. Контроль перемещения роторов в осевом направлении производится датчиками осевого сдвига.

Проточная часть компрессора отделена от подшипниковых полостей щелевыми уплотнениями.

Для предотвращения утечек масла из подшипниковых камер со стороны всасывания приводной вал оснащен уплотнением.

Работа установки основана на следующих основных технических решениях:

- Все составные части компрессорной установки кроме шкафа управления, силового шкафа и частотного преобразователя смонтированы в блок-боксе. Блок-бокс является помещением для размещения компрессорного оборудования с обеспечением в нем определенного микроклимата, снижения уровня звукового давления. Блок-бокс представляет собой сварной каркас, установленный на раме, к которому крепятся сэндвич-

панели, навешиваются двери и люки. На стене блок-бокса возле транспортной двери находятся световая и звуковая сигнализация, включающиеся при аварии, пожаре и повышенном уровне загазованности и выключатели, предназначенные для включения и выключения освещения, вентилятора продувки контейнера. Внутри блок-бокса установлены индукционные нагреватели, соединительные коробки, пульт управления местный, светильники, автоматический порошковый огнетушитель, грузоподъемное устройство.

- В рабочую полость компрессора в процессе сжатия с целью охлаждения газа и уплотнения зазоров в винтовом зацеплении впрыскивается масло. Для смазки подшипников применена отдельная система, в которой циркулирует масло, не контактирующее с сжимаемым газом. Для герметизации рабочей полости компрессора применена система щелевых уплотнений с затвором инертным газом – азотом. Для охлаждения масла применены маслоохладители воздушного охлаждения.

Принципиальная схема установки состоит из нескольких систем:

- система газовая;
- система отделения масла от газа;
- система впрыска масла в компрессор;
- система смазки;
- система уплотнений;
- система управления регулирующей трубопроводной арматурой (система подачи воздуха КИП);
- система регулирования производительности;
- система автоматизации установки;
- система освещения;
- система отопления;
- система пожаротушения.

**Система газовая и система отделения масла от газа** - смесь углеводородного газа с азотом через фильтр газа поступает в компрессор, где сжимается до заданных параметров, одновременно смешиваясь с охлажденным маслом, которое поступает в компрессор по линии впрыска. Из компрессора газо-масляная смесь поступает через обратный клапан в маслоотделитель, где происходит первичное и основное отделение масла от газа за счет снижения скорости потока и тангенциального его входа, при котором поток совершает вихревое движение с отбрасыванием жидкости центробежными силами на стенку сосуда.

Далее отделение масла происходит при прохождении газа через фильтрующие элементы, расположенные в верхней части маслоотделителя.

Незначительное количество масла, прошедшее через фильтрующий элемент, выводится из него обратно в систему через маслоотводную трубку и направляется в отсечную полость компрессора.

После маслоотделителя газ, проходя через клапан поддержания давления КПД, поступает к потребителю.

Клапан поддержания давления, КПД предназначен для обеспечения непрерывной циркуляции масла и предотвращения повышенного уноса масла с сжимаемым газом путем поддержания давления в маслоотделителе при включении компрессора в работу и набора давления в линии нагнетания 3,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Клапан обратный предназначен для предотвращения обратного тока газо-масляной смеси из маслоотделителя в компрессор в момент остановки.

**Система впрыска масла в компрессор** - масло из нижней части маслоотделителя проходит через блок охлаждения масла, где температура масла снижается на 20-25°С, блок фильтров, работающих поочередно, и регулирующий клапан.

Клапан регулирующий предназначен для регулирования расхода масла на впрыск по импульсу температуры газомасляной смеси на выходе из компрессора в заданных пределах, 90-100 °С.

**Система смазки** - система смазки автономная, циркуляционная содержит:

- маслобак, оборудованный уровнемером автоматического контроля, датчиком температуры, уровнемером визуального контроля, фильтром грубой очистки;
- маслонасосы, установленные параллельно по потоку масла с учетом резервирования;
- блок охлаждения масла воздушного охлаждения;
- блок фильтров масла тонкой очистки, состоящий из двух фильтроэлементов, установленных параллельно по потоку масла с учетом резервирования.

**Система уплотнений** - в корпусе со стороны всасывания и нагнетания установлены щелевые уплотнения, состоящие из плавающих углеграфитовых колец, образующих кольцевые зазоры между поверхностью шейки ротора и внутренней поверхностью колец.

Через кольцевые зазоры двух углеграфитовых колец уплотнений, установленных со стороны нагнетания, газ перетекает в карман и по уравнивательной линии – на всасывание компрессора.

Для уплотнения газовой полости в карман подается затворный газ – азот с давлением, превышающим давление в уравнивательной линии на 0,3 кгс/см<sup>2</sup>. Часть азота перетекает через три углеграфитовых кольца в карман В, в котором давление равно атмосферному.

В карман, выполненный между двумя стальными кольцами с баббитовой заливкой внутренних поверхностей, подается масло из коллектора подачи с постоянным избыточным давлением, равным 2,5 кгс/см<sup>2</sup>, которое поддерживается клапаном.

Масло из кармана перетекает через кольцевые зазоры в сторону подшипников на смазку и в карман. Из кармана маслоазотная смесь сливается в маслобак.

Система регулирования производительности

Регулирование производительности компрессора осуществляется изменением числа оборотов электродвигателя посредством преобразователя частоты FR-740-04810-E1 (с дросселем) в пределах от 100 % до 60 %.

**Система освещения** - блок- бокс оборудован системой освещения, обеспечивающей уровень освещенности 75 люкс на расстоянии одного метра от пола.

**Система отопления** - установка оборудована шестью электронагревательными тэнами для обеспечения температуры в блок- боксе не ниже +5 °С при температуре окружающей среды – 30 °С с автоматическим отключением тэнов при температуре выше + 10 °С.

**Муфта упругая** - служит для соединения валов компрессора и электродвигателя.

Муфта состоит из полумуфты двигателя, полумуфты компрессора двух обойм и резиновой звездочки.

Звездочка является упругим элементом муфты для передачи крутящего момента и уменьшения динамических нагрузок.

Материал полумуфт – сталь 35, материал звездочки – резина марки 7-В-14 ТУ 38005204.

Полумуфта электродвигателя имеет отверстия, предназначенные для проворачивания ведущего ротора вручную.

**Фильтр газовый** - фильтр газовый состоит из корпуса, в котором установлена вставка, представляющая собой узел, содержащий перфорированную трубу, на которую намотана стальная сетка, укрепленная на трубе хомутами. Вставка съемной конструкции с уплотнением по внутреннему кольцу корпуса.

Для съема и монтажа вставка на торцевой поверхности имеет ручку. На корпусе имеются патрубки входа и выхода газа, бобышки для подключения приборов системы контроля давлений, а также отверстие для установки датчика температуры.

Маслоотделитель МО – вертикальная емкость, содержит крышку, корпус, элементы фильтрующие

Вход маслогазового потока в аппарат – тангенциальный. Нижняя часть маслоотделителя является маслосборником, в которую заливается 250 литров масла. В верхней части корпуса находятся пять фильтрующих элементов, которые смонтированы на перегородке, установленной между фланцами крышки и корпуса.

В нижней части фильтрующих элементов имеются маслоотводящие трубки, объединяющиеся в одну, по которым масло сливается в нижнюю часть маслоотделителя.

**Блок фильтров (системы впрыска масла)** - тонкость фильтрации 160 мкм. Пропускная способность номинальная каждого фильтроэлемента 150 л/мин.

Блок фильтра состоит из корпуса, содержащего две отдельные секции, образованные обечайками, в которые устанавливаются фильтрующие элементы.

Каждый элемент представляет собой перфорированную трубу, на наружной поверхности которой закреплена гофрированная сетка.

На входе и выходе каждой секции установлены шаровые крана, позволяющие переключать поток масла поочередно на каждый фильтроэлемент или направлять поток масла через оба элемента.

**Блок фильтров тонкой очистки** - тонкость фильтрации 40 мкм. Пропускная способность номинальная каждого фильтроэлемента 35 л/мин.

**Блок охлаждения масла** - блок охлаждения масла предназначен для охлаждения масла, циркулирующего в системах впрыска и смазки компрессора. Он состоит из двухсекционного воздушного маслоохладителя, рамы, диффузора и двух установок для обдува с имеющимися в них вентиляторами и электродвигателями. Блок охлаждения масла смонтирован на торцевой стороне блок- бокса, оборудованного люками, которые закрываются обслуживающим персоналом при отключении компрессора.

## 2.4 Блок автоматизированной компрессорной установки

Автоматизированная компрессорная установка в блок-боксе на базе винтового компрессора ВГ-25/1,8-7-К-УХЛ1 с характеристикой:

Производительность по условиям всаса, миним.	25,0 /мин
Давление на всасе, атм.	0,1 - 0,8
Давление на нагнетании, атм.	6,0
Температура сжатого газа	До 90гр С
Система охлаждения масла в подшипниках и в рабочей полости	Воздушное
Мощность электродвигателя компрессора	250кВт
Мощность маслососа	2,2кВт
Мощность вентилятора маслоохладителей	5,5кВт
Мощность электроотопителя	20кВт
Исполнение взрывозащиты электрооборудования	ExdIIВТЗ
Напряжение электроприводов компрессора, маслососа, вентилятора маслоохладителя	380 В
Скорость вращения ведущего ротора	3000об/мин
Габариты блок-контейнера, мм	
-Длина	7000
-Ширина	2760
-Высота	3940

Автоматизированная компрессорная установка в блок-боксе поставляется на монтаж комплектно, как единое техническое устройство.

В состав установки входят:

- Бокс из несгораемого материала
- Компрессорный агрегат с системой смазки и впрыска масла в сборе
- Система вентиляции бокса, совмещенная с системой воздушного охлаждения масла
- Система обнаружения пожара и автоматическая установка пожаротушения в боксе

- Система появления дозврывоопасной концентрации углеводородов в боксе
- Система отопления бокса
- Запорно-регулирующие устройства
- Средства контроля и автоматического регулирования и ПАЗ со шкафом и постом дистанционного и местного управления на базе микропроцессорной техники
- Шкаф электрический силовой
- Освещение внутреннее

После монтажа на проектную позицию компрессорная установка подлежит приемочным испытаниям по специальной программе, согласованной Ростехнадзором с получением соответствующего положительного заключения. Приемка объекта в эксплуатацию допускается после получения от ООО «НПП ВИКОМ» полного комплекта технической документации и разрешения Ростехнадзора на применение компрессорной установки.

## **2.5 Средства контроля и автоматики**

Управление компрессором осуществляется с использованием современных комплексных средств контроля, автоматизации и противоаварийной защиты, основанных на применении микропроцессорной техники «SIMATIC»S7-300.

Шкаф управления компрессором ШУ устанавливается в помещении операторной отделения И-1, шкаф силовой ШС и преобразователь частоты – в РП-1 отделения И-1.

В качестве датчиков уровня используются радарные уровнемеры VEGAPULS 62 фирмы VEGA.

В качестве датчиков давления – датчики избыточного давления EYX530A фирмы Yokogawa.

В качестве измерителей расхода используются датчики дифференциального давления EYX110A фирмы Yokogawa в комплекте с диафрагмами.

Для выполнения схем сигнализации и блокировки в соответствии с требованиями ПБ 09-540-03 применен микропроцессорный контроллер ПАС-01, который обеспечивает световой и звуковой сигнал о срабатывании датчиков контролируемых параметров. Световая сигнализация выполнена световыми табло на передней панели, а звуковая – прерывистым звуком. Квитирование световой и звуковой сигнализации выполняется кнопкой квитирования со снятием звукового сигнала и переводом прерывистого светового сигнала в непрерывное свечение.

В качестве вторичных приборов для показания уровня применяются устройства формирования сигнала VEGAMET 381 фирмы VEGA.

В отделении И-1 применяется станция регистрации и управления DAQSTATION CX2000 фирмы Yokogawa для выполнения следующих задач:

- регулирование давления в коллекторе сжатых отдувок подпиткой чистым азотом в линию нагнетания;
- регулирование давления в приемных резервуарах отд. И-1 с сбросом излишков отдувок на всас компрессора;
- регулирование давления сжатых отдувок с компрессора, с коррекцией по расходу отдувок в установку Д-3-5;
- регулирование давления отдувок в линии всасывания компрессора К-1 подпиткой сжатыми отдувками с линии нагнетания;
- регулирование давления отдувок в линии всасывания компрессора К-1 при стравливании газовой фазы из порожних ж.д. цистерн;
- индикация и регистрация данных параметров;
- выдача сигнала о нарушении технологических параметров на ПАС-01 по заданным уставкам.

В качестве сигнализаторов дозрывных концентраций в блок-боксе компрессорной установки и в районе сепаратора № 20 установлены

сигнализаторы типа СТМ 10, расположенные по месту на высоте  $0,5 \div 1,0$  м от уровня площадки. При наличии паров углеводородов включается световая и звуковая сигнализация.

В этом случае необходимо:

- доложить начальнику смены;
- поставить в известность ГСО;
- принять меры, предусмотренные «Планом локализации и ликвидации аварийных ситуаций в отделении И-1 цеха Д-1-И-1-Д-1а».
- после устранения загазованности необходимо кнопкой «Сброс» вернуть сигнализаторы СТМ в режим контроля за состоянием воздушной среды в блок-боксе компрессорной установки и сепаратора № 20.

## **2.6 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности**

Проектируемый объект размещается в действующем взрывопожароопасном цехе предприятия, располагающим комплексом инженерно-технических средств в соответствии с требованиями норм противопожарного проектирования:

- пожарными гидрантами, установленными на разветвленной сети хозпожарной воды ХПВ и на промышленной воде ПП от насосов-повысителей, расположенными по периметру резервуарных парков и вдоль СНЭ;
- резервуаром – бассейном объемом 2000 куб.м. в отделении И-1 с запасом воды для передвижной пожарной техники;
- двумя вводами речной воды через насосы – повысители на лафетные стволы;
- пожарными извещателями ручного действия у входов в производственные здания, вдоль обвалований резервуарного парка метанольного склада[41];

Цех располагает внутренней разветвленной сетью автодорог с твердым покрытием для возможности подъезда к любому объекту. Предусмотрено

восстановление твердого покрытия с расширением подъездной автодороги к месту расположения компрессорной установки.

Проектируемый объект размещается так же в зоне действия перечисленных средств. В качестве противопожарных мероприятий дополнительно к имеющимся средствам предусматриваются:

- оснащение вновь устанавливаемой компрессорной установки первичными средствами пожаротушения (песок, углекислотные огнетушители, асбоболотна), автоматической установкой порошкового пожаротушения (АУПТ) модульного типа;

- огнезащита несущих конструкции вновь устанавливаемых опор эстакад до 1 часа;

- размещение компрессорной установки в сертифицированном блок-боксе, изготовленном из негорючих материалов[17].

## **2.7 Экологическая оценка**

Влияние на состояние окружающей среды при эксплуатации измененной схемы слива СУГ из железнодорожных цистерн.

- воздушный бассейн – основными источниками выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации будут неплотности оборудования. От источников (№ 6002, 6003, 6035) в атмосферу будут поступать загрязняющие вещества, но т.к. максимальные приземные концентрации в селитебной зоне от источников  $<0,1$  ПДК, то выбросы не окажут значительного влияния на загрязнение воздушного бассейна;

- водный бассейн – т.к. все стоки сбрасываются в существующие коллектора канализационных сетей и направляются на очистные сооружения предприятия, дополнительное вредное воздействие на поверхностные и подземные воды оказываться не будет;

- земельные ресурсы – при выполнении мероприятий по охране земель и почвенного слоя, а так же учитывая, что проектируемый объект располагается на существующей пром. площадке, оборудованной проездами

для техники и подъездными путями, дополнительного воздействия на земельные ресурсы оказано не будет;

- отходы – при эксплуатации объекта будет иметь место образование отхода (масло синтетическое и минеральное отработанное, за счет установки компрессора). Данный вид отхода будет реализовываться потребителям по мере образования, поэтому их влияние на состояние окружающей среды будет незначительно.

## **2.8 Экономическая эффективность**

Реализация проекта направлена на сокращение выбросов углеводородов на факел при выполнении сливо-наливочных операций за счет повторного использования отдувок, что приведет к значительному уменьшению загрязнения атмосферы продуктами сгорания, уменьшению платежей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, экономии затрат на азот.

Слив осуществляется передавливанием азотом при перепаде, равном 1-1,2 атм. Для создания постоянного перепада производится постоянное стравливание газовой фазы из приемного резервуара на факел и расходуется азот из сети на поддавливание ж.д.ц.

По результатам расчетов на выдавливание СУГ из 1 ж.д.ц. объемом 60м<sup>3</sup> расходуется 100 газа. При использовании закрытой схемы расход азота сократится до 18,7м<sup>3</sup>.

Последующий отпуск сырья из резервуара цехам-потребителям так же связан с постоянным потреблением азота на поддержание рабочего давления. Схема отсоса паров из ж.д.ц. позволит частичный возврат газовой фазы из ж.д.ц. в резервуары для ее повторного использования в последующих циклах выдавливания СУГ из ж.д.ц.

Закрытая схема не позволит полного возврата отдувок в основной поток изобутана, подаваемого на производство изобутилена, так как при отсосе паров из ж.д.ц. большая часть паров изобутана и изобутилена

смешаются с пиролизной фракцией, либо с промежуточными продуктами смежного производства, войдут в состав бутановой фракции, отгружаемой на сторону. Поэтому справедливо принять, что выполнение операции отсоса паров из ж.д.ц. в основном направлена на снижение экологической нагрузки от сокращения продуктов сгорания на факельной установке без заметного влияния на удельный расход изобутана на 1т производимого изобутилена.

Реализация проекта в полной мере исключает организованные выбросы углеводородов на факел, что в несколько раз компенсирует появление потерь паров изобутана в незначительном количестве через неплотности соединений на трубопроводах и оборудовании.

**Таблица 5 - Отходы производства**

Наименование отхода, отделение, аппарат	Место складирования, тара, транспорт	Количество отходов, литр	Периодичность образования	Физические показатели, плотность	Класс опасности отходов
отработанное масло, отделение И-1	бочки, автотранспортом на регенерацию	350	Через 250 часов работы компрессора	Не контролируются	3

Одним из основных условий, обеспечивающих надежность охраны водных ресурсов и воздушного бассейна в случае аварийных ситуаций и остановок производства на ремонт, является исключение залповых выбросов вредных продуктов в атмосферу и исключение попадания углеводородов в хим. загрязненную канализацию.

Для предотвращения залповых выбросов в атмосферу стравливание из резервуаров и емкостей производится через сепаратор № 20 на вход в модульную автоматизированную компрессорную установку. Предусмотрено автоматическое стравливание избытка давления из коллектора сжатых отдувок на узел абсорбции установки Д-3-5 через регулятор давления с

коррекцией по расходу. Аварийное стравливание отдувок осуществляется через сепаратор № 16 на факел.

Для автоматического контроля состояния воздушной среды в районе сепаратора № 20 и блок - бокса компрессора установлены датчики дозрывных концентраций СТМ-10.

При ведении технологического процесса:

- не допускать отклонений технологических параметров от норм, предусмотренных регламентом и настоящей инструкцией;

- не допускать нарушения герметичности оборудования, системы уплотнения компрессора, сальников запорной арматуры, фланцевых соединений;

- не допускать случаев работы не исправных или отключенных блокировочных системах, КИПиА и сигнализации;

- систематически во время смены проводить контроль за трубопроводами на предмет их герметичности;

- не допускать разлива масла, если это произошло, уборку производить немедленно.

При создавшихся НМУ (неблагоприятные метеоусловия) необходимо четко выдерживать режимные показатели технологического режима, не производить продувку, пропарку оборудования, не производить газоопасных работ.

Заданные режимы НМУ (1,2,3) находятся в операторной у начальника смены. При НМУ категорически запрещается проводить какие-либо стравливания на факел и в атмосферу.

В зимние месяца норма потерь на все - 9,5 кг на 1 тонну слитого продукта[54].

**Таблица 6 - Потери в зимние месяца**

Продукт	Слито (т)	Потери	Стоимость продукта (руб)	Сумма
Изобутан	12021,35	114,203	6450,54	736 669,89
ИИФ	7059,94	67,069	13164,37	882 926,79
Изобутилен	1526,08	14,498	27689,96	401 442,39
	Слито (ж.д.ц.)	Объем	Стоимость азота (руб.)	Сумма
Азот	540	54000,000	2,6	140 400,00
Всего сумма потерь при неработающем компрессоре				<b>2 161 439,08</b>

Норма потерь в летние месяцы - 72,1 кг на 1 тонну слитого продукта.

**Таблица 7 – Потери в летние месяца**

Продукт	Слито (т)	Потери	Стоимость продукта (руб)	Сумма
Изобутан	10186,6	734,454	6450,54	4 737 624,00
ИИФ	3473,69	250,453	13164,37	3 297 056,60
Изобутилен	768	55,373	27689,96	1 533 270,62
	Слито (ж.д.ц.)	Объем	Стоимость азота (руб.)	Сумма
Азот	388	38800	2,6	100 880,00
Всего сумма потерь при неработающем компрессоре				<b>9 668 831,22</b>

**Таблица 8 - Расход электроэнергии на работу компрессора**

Компрессор	Мощность (кВт)	Отработано часов	Стоимость электроэнергии (руб.)	Сумма (руб.)
	250	598	2,381	355 959,50

Из расчетов видно, что затраты на эксплуатацию компрессора несоизмеримо меньше, чем экономия, которую он дает.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ проблемы потерь сырья при сливо-наливочных работах в цехе И-1-Д-1 показал, что основной причиной потерь является использование открытой схемы слива и стравливание газов на факел. Для эффективной работы цеха требуется модернизация схемы слива СУГ, путем установки компрессора для компримирования отдувок.

Для решения проблемы был проведен анализ существующей схемы, используемого сырья и климатических условий района. В результате были предложены технологические решения для повышения эффективности работы цеха.

Сравнительный анализ компрессорных установок показал экономическую и экологическую эффективность использования винтового компрессора, имеющего длительный срок службы, простоту конструкции, высокую надежность и удовлетворяющим всем требованиям на производстве.

Использование компрессора в сливе и наливке СУГ позволяет решить следующие экологические проблемы:

- потери продукта в процессе слива-налива;
- стравливание углеводородных газов на факел;
- снижение объемов использования азота.

Применение новой схемы дает следующие экономические выгоды:

- снижение потерь сырья на сумму до 70,9 млн. руб.;
- снижение расхода азота на 540 тыс. м<sup>3</sup> на сумму 1,4 млн. руб.;
- снижение платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу через факельную установку.

Экономический эффект от внедрения компрессорной установки в технологическую схему равен 72,5 млн. рублей, срок окупаемости строительства составит менее года.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://earthpapers.net/klimaticheskie-osobennosti-i-protsessy-samoochischniya-urboekosistem-na-primere-g-tolyatti>
2. <http://fb.ru/article/148613/selitebnyie-territorii---eto-selitebnaya-territoriya-prednaznachena-dlya-zemlya-pod-jiluyu-zastroyku>
3. <http://nacep.ru/ekologiya/ekologicheskaya-obstanovka-v-tolyatti.html>
4. <http://ru-ecology.info/term/22616/>
5. <http://soullife.info/apparaty-po-zashchite-atmosfery/25-szhiganie-na-fakelnyh-ustanovkah.html>
6. <http://www.pnm-compressors.ru/полезные-материалы/54-сравнение-винтового-и-поршневого-компрессоров.html>
7. [http://www.sibur.ru/toljaticauchuk/about/in\\_sibur/](http://www.sibur.ru/toljaticauchuk/about/in_sibur/)
8. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Изобутан>
9. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Изобутилен>
10. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тольятти>
11. Абдурашитов С. А. «Насосы и компрессоры» М.: Недра, 1974.
12. Балыбердина И.Т.:Физические методы переработки и использования газа; М., Недра, 1988, 123 с.
13. Бард В.А., Кузин А.В. Предупреждение аварий в нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах. М.: Химия, 1989 - 356 с.
14. Бейкер и др. Взрывные явления. Оценка и последствия. М.:Мир,1986 г.
15. В.Г. Жиряков «Органическая химия», М.: Химия, 1974 г.
16. Васильев П.Д., Котляр И.Я., Нечаев М.А. Справочник работника магистрального газопровода. - Л.: Недра, 1974.-431с.
17. Васин О.А., Завальный П.Н., Русецкий Ю.И. Модернизация ГПА стационарного типа в условиях компрессорной станции // Газовая промышленность. – 2001. – №1 – 22-25 с.

18. Веселов А.И., Мешман Л.М. Автоматическая пожаро- и взрывозащита предприятий химической и нефтехимической промышленности. М.: Химия, 1975.
19. Временные рекомендации по тушению пожаров на объектах переработки и хранения сжиженных газов с помощью передвижной техники. – М.: ВНИИПО, 1975. – 36 с
20. ВСН 25-09.67-85. Автоматические установки пожаротушения.
21. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
22. ГОСТ 17.2.1.03-84 «Охрана природы. Атмосфера». Термины и определения контроля загрязнения.
23. ГОСТ 17.2.3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера». Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
24. Иванов Е.Н. Основы пожарной защиты нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Химия, 1977. – 145 с.
25. Инструкция по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты, Москва, 1989г.
26. Кимстач И.Ф., Давлишев П.П., Евтюшкин Н.М. Пожарная тактика. –М.: Стройиздат, 1984.-591 с.
27. Климат Тольятти / Под ред. Т.Н. Боровковой. Ц.А. Ивер. -Л.: Гидрометеоиздат. 1987. - 208 с
28. Колбенков С.П.: Установки сжиженного газа в коммунально-бытовых и промышленных потребностей; М: Недра,1969, с.98
29. Корольченко А.Я. «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» том I,II 2002 г
30. Курицын Б.Н. Системы снабжения сжиженным газом. Саратов,1988
31. М.В. Бесчастнов, В.М. Соколов. Предупреждение аварий в химических производствах. – М.: Химия, 1979.-392с.

32. М.В. Бесчастнов. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов - М.: Химия, 1983 - 471 с.
33. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — М.: Экономика, 1978.
34. Методика расчета вредных выбросов в атмосферу из нефтехимического оборудования РМ 62-91-90, Воронеж, 1991 г.
35. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86, Госкомгидромет, 1987 г.
36. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, Санкт-Петербург, 2005 г.
37. Михайлов А. К., Ворошилов В. П., «Компрессорные машины» М.: Энергоатомиздат, 1989. -288 с.
38. Муравьева С. И., Буковский М. И., Прохорова Е. К. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Справ. изд. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
39. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
40. Обеспечение пожарной безопасности объектов хранения и переработки сжиженных углеводородных газов. Рекомендации. Научно-исследовательский институт противопожарной обороны.
41. ПБ 09-170-97. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
42. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух, фирма «Интеграл», Санкт-Петербург, 2006 г.
43. Перечень превентивных мероприятий при чрезвычайных ситуациях: методическое пособие. – М.: Академия гражданской защиты, 2000. – 80 с.

44. Пособие к СНиП II-01-95 по разработке раздела проектной документации «Охрана окружающей среды».
45. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения ВППБ 01-01-94.
46. Рекомендации по основным вопросам воздухоохранной деятельности (нормирование выбросов, выдача нормативов ПДВ, контроль за соблюдением нормативов выбросов, выдача разрешения на выброс), Москва. 1995 г.
47. Саун И. А. «Винтовые компрессоры» М-Л.: Машгиз, 1960
48. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные нормы и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
49. Сборник методик по расчету объемов образования отходов, Санкт-Петербург, 2001 г.
50. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления, Москва, Госкомэкология, РФ, 1999 г.
51. Соколовский С.М. Компрессоры и компрессорные станции. - М.: Недра, 1968. - 161с.
52. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления, Москва, НИЦПУРО, 1996 г.
53. Теплотехнические измерения и приборы - Преображенский В.П.1978 г.
54. Товарные нефтепродукты. Свойства и применение. Справочник / под. ред. В.М. Школьников. -М.: Химия, 1978 г.
55. Федеральный закон "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера". Принят Государственной Думой 11 ноября 1994г.
56. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21 июля 1997г.,N 116-ФЗ.

57. Хомяков Н.Н., Чурсин В.Ф. Средства тушения пожаров на промышленных объектах //Пожарное дело. 2003, №3, 56 с.
58. Чуракаев А.М. Переработка нефтяных газов. Учебник для рабочих. М., Недра, 1983, 279 с.
59. Шлипченко З.С. Насосы, компрессоры и вентиляторы. Киев, 1976 г.
60. Э.Д. Хешти, Х. Кумамото. Надежность технических систем и оценка риска. М.: Машиностроение, 1984 г.
61. Эмирджанов Р.Т. Основы технологических расчетов в нефтепереработке. М-Л., Химия, 1965 г.