

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ПО ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА

НАЗАРОВА ЮЛИЯ АНДРЕЕВНА

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВОЗДУХА ОТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УФА»

Выполнила:  
Студентка 4 курса очной формы обучения  
Направление подготовки (специальность):  
05.03.06 Экология и природопользование  
Направленность (профиль):  
Природопользование

Руководитель к.б.н., доцент  
(ученая степень, ученое звание, должность)  
Л.З.Тельцова (И.О. Фамилия)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	5
1.1. Экологические проблемы газовой промышленности.....	5
1.2. Влияние газовой промышленности на атмосферный воздух.....	8
1.3. Оценка рисков в системе транспортировки газа в России.....	11
1.4. Перспективы развития газовой промышленности в России....	18
<b>2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	23
2.1. Объект исследования.....	23
2.2. Методы исследования.....	25
<b>3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ</b> .....	30
3.1. Анализ выбросов на предприятии ООО «Газпром трансгаз Уфа» за 2017- 2019 года.....	30
3.2. Анализ динамики образующихся выбросов по классам опасности за 2017-2019 года.....	36
<b>4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ОБЪЕМА ВРЕДНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УФА»</b> .....	43
4.1. Рекомендации по снижению объемов выбросов оксидов азота.....	43
4.2. Рекомендации по снижению вредных веществ при дуговой сварке металлов.....	46
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	50
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	52
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ</b> .....	59
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	60

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Воздух в атмосфере является неотъемлемой частью природной среды. Это естественная смесь газа и аэрозолей поверхностного слоя атмосферы. Воздух - одна из важнейших составляющих этой среды, которая является неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных.

Проблема загрязнения воздуха и защиты воздуха сегодня имеет особое значение, поскольку выбросы в атмосферу являются основными источниками последующего загрязнения воды и почвы на региональном и глобальном уровнях.

Воздух, загрязняется из-за привнесения в него или образования в нем загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих стандарты качества или естественное содержание. Промышленные объекты являются основными источниками загрязнения воздуха.

Нефтегазовая промышленность все больше и больше вредит атмосферному воздуху. В чрезвычайных ситуациях и из-за отсутствия очистки обнаруженных токсичных веществ в атмосферу, что пагубно влияет на здоровье людей и всех живых организмов.

Загрязнение воздуха может привести к полному отравлению организма. Вдыхаемый воздух, загрязненный вредными веществами, поступает в организм человека через дыхательную систему, в результате чего загрязняющие вещества попадают в кровоток, что негативно влияет на весь организм человека. Загрязнение воздуха является важным фактором, влияющим на условия окружающей среды [16].

Цель работы: оценить загрязнения атмосферы воздуха от деятельности предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа».

Задачи:

1. Проанализировать объемы выбросов вредных веществ в атмосферу от деятельности предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа».

2. Исследовать динамику объемов выбросов вредных веществ в атмосферный воздух по классам опасности за 2017-2019 гг.

3. Разработать рекомендации по снижению вредных загрязняющих веществ от предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа».

## 1. Обзор литературы

### 1.1. Экологические проблемы газовой промышленности

Природный газ является экологически чистым видом минерального топлива. Когда он сжигается, образуется значительно меньшее количество загрязняющих веществ, чем у других виды топлива.

Однако сжигание большого количества различных видов топлива, включая природный газ, привело к значительному увеличению содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере, который, как и метан, является парниковым газом. Большинство ученых считают, что это является причиной современного потепления климата. Метан является парниковым газом и может повлиять на глобальное потепление климата. Один килограмм метана в течение 20-летнего периода соответствует парниковому потенциалу 35 кг углекислого газа [15].

Наибольшее негативное воздействие на окружающую среду можно обнаружить в районах газовых и нефтяных месторождений, а также вблизи и вдоль магистральных линий.

Непосредственно подвергаются воздействию такие компоненты природных комплексов, как растительность, почва, микрорельеф и верхние скальные горизонты. Так же воздействию подвергаются гидрогеологический режим, тепловой и массовый обмен, снежный покров, которые в свою очередь оказывают значительное влияние на почву, растительности и микрорельеф [53].

Добыча нефти и газа приводит к изменению глубокого горизонта геологической среды, что может привести к необратимым деформациям поверхности Земли. Движения поверхности Земли, вызванные откачкой недр воды, нефти или газа, могут быть достаточно большими, чтобы произойти даже при тектонических движениях земной коры [15].

Нерегулярное оседание поверхности Земли часто приводит к разрушению водопроводов, кабелей, железных дорог и автомагистралей, линий электропередач, мостов и других объектов. Оседания могут привести к

оползням и наводнениям на небольших территориях. В некоторых случаях в недрах пустот могут возникать внезапные глубокие отложения, которые мало отличаются от землетрясений из-за их течения и действия.

Трубопроводный транспорт – экологически чистая форма транспортировки углеводородов, но только при условии, что при проектировании, строительстве и эксплуатации газопроводов соблюдаются строгие экологические правила. Данные "Газпрома" подтверждают, что при средней дальности транспортировки 2500 км потери газа составляют от 1,0 % до 1,2 % от общего объема перекачки [28].

Искусственно созданные трубопроводы расположены по всей России, где они находятся в сложном взаимодействии с окружающей средой. Как правило, взаимное влияние трубопроводов и природной среды отрицательное. Это в первую очередь связано с тем, что основные линии имеют большую длину и пересекают почти все природно-климатические регионы. Современные трубопроводы диаметром до 1400 мм и рабочим давлением до 10 МПа представляют собой взрывоопасные и пожароопасные сосуды длиной 1000 км, разрушения, которых связано с крупномасштабными экологическими потерями, в первую очередь из-за механических воздействий и термических повреждений природных ландшафтов. Эти нарушения, даже если они временные, приводят к изменениям в тепловом и влажном режимах толщины почвы и значительному изменению ее общего состояния [24].

Самостоятельным видом техногенного воздействия на окружающую среду является работа компрессорных станций (КС). Основными загрязняющими веществами КС являются оксиды азота. Содержание этих выбросов в области КС часто выше допустимых максимальных концентраций в воздухе. У ряда КС степень загрязнения составляет 40-60 ПДК на среднем расстоянии от источника до 500 м.

Основными источниками загрязнения приземного слоя атмосферы при транспортировке газа считаются аварийные выбросы газа из-за отказов линейной части магистральных газопроводов и выбросов при проведении

технологических операций (пуск и остановка газоперекачивающих агрегатов (ГПА), продувка пылеуловителей и т.д.), а также продукты сгорания ГПА [12].

На компрессорных станциях магистральных газопроводов основным источником загрязнения считаются ГПА, в выхлопных газах которых присутствуют окислы азота и углерода. Отрицательное воздействие загрязнителей воздуха связано с их токсическими и раздражительными свойствами [7].

В 2013 г. валовые выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух от стационарных источников предприятий Группы Газпром по отношению к прошлому году уменьшились на 9,8 % и составили 3 076,4 тыс. т. В отчетном году было уловлено и обезврежено на установках очистки отходящих газов 3 548,8 тыс. т. ЗВ, из которых 94 % – твердые вещества, преимущественно зола твердого топлива [28].

Основными загрязняющими веществами являются углеводороды (в основном метан), окись углерода, оксиды азота и диоксид серы, на которые приходится 92,2 % от общего объема выбросов. Углеводороды (метан) в валовой структуре выбросов на 94,3 % представлены выбросами предприятий, занимающихся добычей, транспортировкой, хранением и переработкой природного газа и газового конденсата [11].

Природный газ из отдельных месторождений может содержать высокотоксичные вещества, что требует надлежащего учета для разведки, эксплуатации скважин и линейных структур. Так, в частности, содержание сернистых соединений в Нижнем Поволжском газе настолько велико, что стоимость серы как коммерческого газового продукта покрывает затраты на ее очистку. Это пример кажущейся рентабельности внедрения экологических технологий. Последствия масштабного строительства магистральных линий оказывают негативное влияние на состояние животного мира. Из-за работы строительных механизмов, автомагистралей, использования вертолетов в воздухе возникает шумовое загрязнение. Например, уровень шума на КС намного выше действующих правил здравоохранения, которые создают

неблагоприятные условия для персонала, населения и среды обитания диких животных и птиц [24].

Из-за воздействия шума животные и птицы вынуждены покидать свою среду обитания. Из-за перераспределения групп населения популяций, покидающих зоны влияния строительства и эксплуатации трубопроводов, популяции уплотняются в новые места обитания, что приводит к снижению продуктивности охотничьих угодий. Поэтому экологические нарушения, вызванные изменениями в технической и геологической ситуации при добыче и транспортировке газа, происходят повсюду. Их нельзя полностью избежать благодаря современным методам разработки. Поэтому основная задача – свести нежелательные последствия к минимуму за счет рационального использования природных условий. [13].

## 1.2. Влияние газовой промышленности на атмосферный воздух

Увеличение производства и переработки газа и конденсата значительно увеличило экологический риск при добыче, а также возможное и фактическое воздействие на воздух и население. Проблема усугубляется тем, что в разработке активно участвуют новые месторождения с более высоким содержанием сероводорода и других загрязняющих веществ в природном газе и конденсате [22].

Промышленность и горнодобывающая промышленность, а также транспортировка и переработка связанных с ними полезных ископаемых являются основным источником загрязнения воздуха.

Газовая промышленность – ведущая отрасль топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Эффективность и производительность газовой промышленности являются важными факторами успешного развития всей российской экономики. Природный газ является третьим по величине в энергетическом рынке в мире с 23 % после нефти и угля. Что касается нефти и угля, то природный газ является самым экологически чистым и в то же время



экономичным и чрезвычайно надежным источником энергии. Мировые запасы природного газа на 2018 год составляют 197,259 трлн. м<sup>3</sup>, из которых 24,23 % в России [21].

Переработка природного газа и конденсата представляет собой сложный процесс, который происходит в условиях постоянного изменения состава сырья для снижения давления резервуара при длительной эксплуатации скважин.

Наличие стабильной сырьевой базы и растущий спрос на компоненты природного газа в нефтехимической и других отраслях промышленности являются основой для дальнейшего развития переработки газа [6].

Газовые комплексы являются мощным источником загрязнения воздуха вредными веществами. Гигиенические условия жизни и здоровья в газовых регионах определяются влиянием диффузного загрязнения воздуха на них [22].

Основная цель газоперерабатывающих заводов состоит в очистке нежелательных примесей и газов через их целенаправленное разделение на фракции (метан, этан, пропан и т. д.), а также в стабилизации конденсированных газов с последующей добыче топлив на его основе [6].

В состав природных и связанных с ними газов, помимо углеводородов, входят несколько нежелательных компонентов (кислот), в частности сероводород, дисульфид углерода, сероксид, углекислый газ, меркаптаны. Эти компоненты способствуют созданию в блоке чистой среды, что приводит к коррозии металлов (особенно в присутствии воды), отравлению катализаторов и снижению эффективности процессов газообработки и транспортировки газа. Следует отметить, что серосодержащие вещества, такие как сероводород, сероксид и меркаптаны, довольно высокотоксичные.

Газоперерабатывающий завод – источник вредных веществ, образующихся в процессе производства. В связи с этим требуется соответствующее оборудование для предотвращения и устранения выбросов загрязняющих веществ. Эти загрязняющие вещества - сероводород, углеводороды, диоксид серы, окись углерода, оксиды азота, меркаптаны, сажа и другие продукты сгорания [49].

Основными источниками выбросов являются факелы, дымовые трубы, трубопроводы, клапаны, баки, аварийные выбросы и т. д. Основным источником загрязнения сортируются по массе выбросов количество возможных материалов, которые предназначены для использования в газоперерабатывающих предприятиях: окись углерода, диоксид серы и диоксид азота, опасная категория сероводорода, диоксида азота и диоксида серы. Неблагоприятные погодные условия играют важную роль в повышении концентрации загрязняющих веществ в поверхностном слое атмосферы. Наиболее благоприятные условия для накопления вредных примесей в атмосфере формируются осенью-зимой, когда самая нижняя высота термодинамического слоя неустойчива, до 500 м, приземные и приподнятые инверсии, которые появляются ночью, сохраняются днем и обладают большой силой и интенсивностью [16].

Из этого следует, что газовая промышленность создает сильную техногенную нагрузку на окружающую среду.

На рис. 1.1. показана классификация загрязнения воздуха в газовой промышленности на основе существующих технологических планов по производству и переработке газа, а также исследований выбросов различных предприятий [22].



Рис. 1.1. Классификация загрязнений атмосферного воздуха в газовой промышленности

Для защиты атмосферного воздуха и улучшения общей экологической ситуации необходимы экологические меры при разработке газовых месторождений и установок для бурения, добычи, переработки, транспортировки и хранения углеводородов и их продукции. Необходимо разработать экологические программы, направленные на рациональное использование газовых ресурсов, предотвращение различных аварий, сохранение флоры и фауны и борьбу с загрязнением окружающей среды [53].

### 1.3. Оценка рисков в системе транспортировки газа в России

Основными задачами развития газовых компаний в Российской Федерации являются повышение эффективности и устойчивости газопровода, создание безаварийных условий и обеспечение надежности и долговечности технического оборудования. При транспортировке природного газа по

газопроводам и распределении его потребителям происходят значительные потери газа (по разным источникам от 6 % до 10 %), связанные с рядом воздействий на окружающую среду, связанных с высоким загрязнением воздуха, а также с экономическими последствиями нерационального использования природных ресурсов [35].

Россия является крупнейшим в мире поставщиком природного газа и поставляет около 24-27 % добычи природного газа. Самая крупнейшая газотранспортная сеть в мире находится в России. По данным ОАО «Газпром» единая система газоснабжения (ЕСГ) включает в себя более 151 тыс. км трубопроводов и отводов (в том числе более 1000 км трубопроводов-перемычек), из которых около 62 % приходится на большие трубопроводы (1020-1220-1420 мм); 256 компрессионных станций (около 700 компрессорных цехов) с мощностью 43 млн. кВт; 23 объекта подземного хранения газа суммарной мощностью 76 млрд. м<sup>3</sup>, обеспечивающих регулирование сезонных изменений спроса; 3825 ГПА общей мощностью 45 ГВт ежегодно перекачивают около 700 млрд. м<sup>3</sup> природного газа на расстоянии тысячи километров. Около 85 % ГПА эксплуатируется газотурбинными установками с КПД всего 23-36 % [60].

Транспортировка газа магистральными трубопроводами представляет опасность для окружающей среды: во-первых, во время нормальной работы станция является основным источником загрязнения воздуха, во-вторых, при планируемом ремонте, в ходе которого производится стравливание газа и, в-третьих, в случае чрезвычайных ситуаций газопроводы опасны для окружающей среды.

Эксплуатация оборудования газотранспортной системы характеризуется опасностью возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, взрывами и выбросами загрязняющих веществ. Чтобы ограничить негативные последствия производственной деятельности и свести к минимуму, разрабатываются программы защиты окружающей среды, основной целью которых, обычно является имеет предотвращение нарушений на КС и участков

трубопроводов, что отрицательно влияет на многие элементы окружающей среды [52].

Проблема минимизации загрязнения окружающей среды в чрезвычайных ситуациях на установках газотранспортной сети требует разработки мер по обеспечению безопасной работы технических установок. Проблема безопасности неисправностей должна быть решена путем разработки и внедрения системы управления рисками для процесса перекачки газа на компрессионных станциях, поскольку эта работа на перекачивающих установках характеризуется большим воздействием на окружающую среду. Внедрение такой системы не только снизит технологический и экологический риск, но и уменьшит экономические потери и средства для преодоления последствий чрезвычайных ситуаций [46].

Разработка системы управления рисками для процесса перекачки включает в себя не только анализ и оценку технологического риска, но и другие риски, которые являются предметом большинства научных работ по этому вопросу [44].

Многие эксперты считают, что в настоящее время не существует общепризнанного метода оценки рисков промышленного оборудования и применяемого на практике оборудования, направленного на оценку недостатков в эксплуатации технических установок, используемых в производственном процессе. Что касается экологических рисков, связанных с отказом технологического оборудования, исследования направлены на оценку объема и характера выбросов в окружающую среду. Одновременно уделяется процессу управления мало внимания, чтобы уменьшить вероятность и ущерб в чрезвычайных ситуациях, т. е. нет эффективных мер для предотвращения различных аварийных ситуаций [54].

Газовые компрессорные станции являются элементами газопроводной сети, которая обеспечивает основные технологические методы обработки и транспортировки природного газа. Таким образом, этот процесс был основной

целью при разработке алгоритма управления рисками для транспортировки природного газа [9].

Поскольку управление рисками на современном предприятии является важным компонентом общей системы управления, основные методологические подходы к управлению процессами использовались для разработки различных типов решений, главным образом управленческих решений, для разработки системы управления рисками для перекачки газа на газокomppressorных станциях. Эти подходы включены в требования международных стандартов для разработки систем управления [9].

Для процесса перекачки на газокomppressorных станциях предлагается алгоритм определения, оценки и управления рисками, основанный на модели системы управления рисками в соответствии с международным стандартом ISO 31000 (рис. 1.2.) [21].

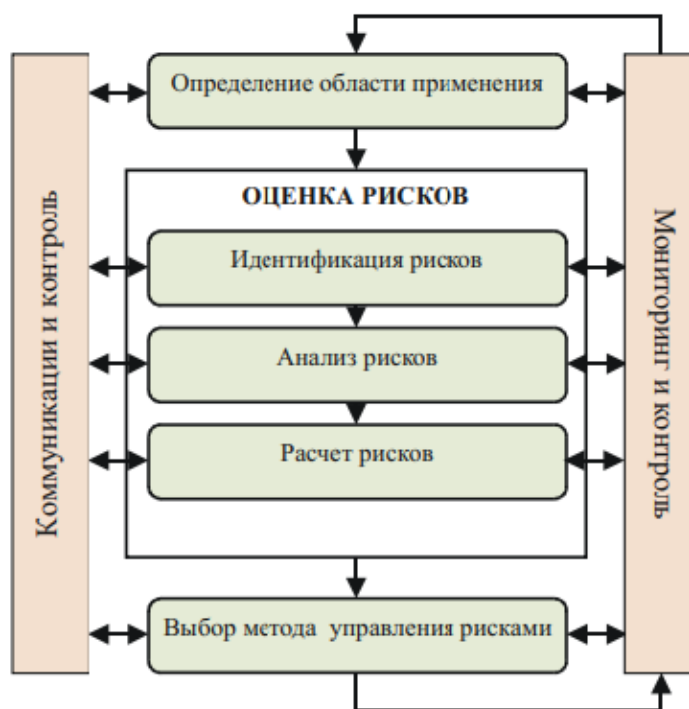


Рис. 1.2. Основные элементы системы управления рисками

Управление рисками – это набор методов анализа и нейтрализации факторов риска, объединенных в систему планирования, мониторинга и коррекции. Одновременно он является дополнительным инструментом для непрерывного улучшения системы управления, повышения качества выполняемой работы и повышения удовлетворенности заинтересованных сторон (потребителей, сотрудников, населения, инвесторов, акционеров и т. д.) [29].

Основными элементами системы управления рисками являются:

- определение возможных рискованных событий, влияющих на эффективность деятельности в системе управления качеством окружающей среды, а также в области безопасности и охраны здоровья на рабочем месте;
- оценка их влияния;
- изменение характеристик риска на основе указанного права соответствующих видов риска;
- разработка решений по управлению рисками.

Первым шагом к созданию интегрированной системы управления рисками для перекачки газа на газовые компрессионные станции является определение сферы применения системы, включая разработку целей и задач анализа, оценки и управления рисками в этом процессе.

Следующий шаг – оценка рисков на основе целей и задач развития системы.

Оценка риска – это количественное описание выявленных рисков, определяющее их характеристики, такие как вероятность и степень возможного ущерба.

Предлагается использовать метод систематической оценки рисков в качестве основы для расчета рисков перекачки природного газа на газовые компрессионные станции. Согласно этому методу, риск - это сумма, которая зависит от ряда переменных, таких как уязвимость, угроза, вероятность, последствия и экономическая ценность активов, используемых в этом процессе (материальных и нематериальных активов). Оценка риска - это исследование

уязвимости, опасностей, вероятности, возможных потерь и теоретической эффективности мер по управлению рисками [35].

Риск в соответствии с этой методологией рассчитывается по следующей формуле:  $\text{риск} = \text{угроза} * \text{уязвимость} * \text{воздействие}$ .

Этот метод отличается от традиционной оценки риска, где основной категорией, определяющей степень риска, является вероятность события риска. Согласно применяемой методологии, вероятность продукта определяется по значению «уязвимости» технологического оборудования и «угрозы». «Уязвимость» – это категория, которая характеризует технические параметры устройств, используемых в процессе. «Угроза» – опасности, которые могут возникнуть в начале процесса (пожар, взрыв и т.д.).

Алгоритм оценки рисков для перекачки газа на газокompрессорных станциях представлен на рис. 1.3.

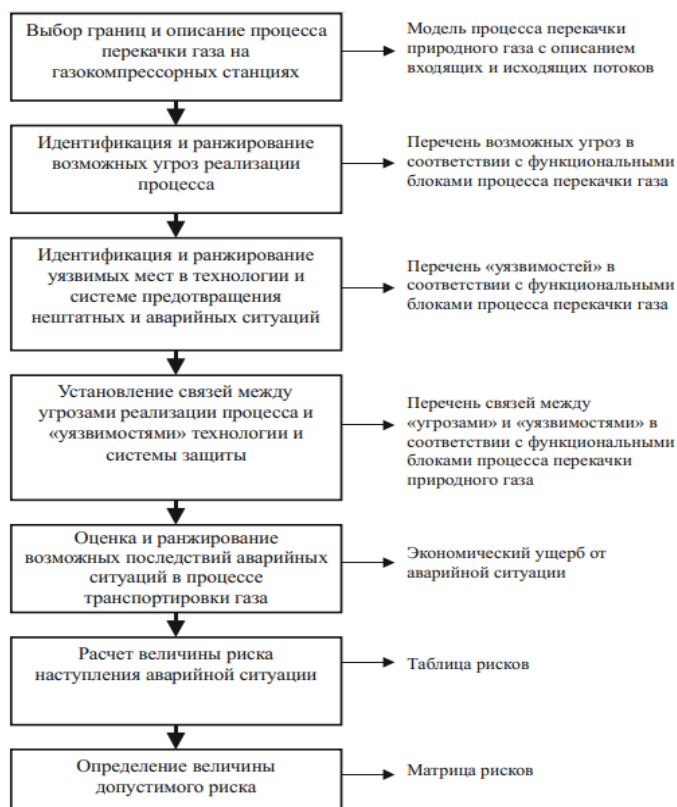


Рис. 1.3. Алгоритм оценки рисков процесса перекачки природного газа на газокompрессорных станциях



Согласно предложенному алгоритму, анализ рисков и оценка рисков должны начинаться с описания процесса, в которой могут быть применены различные методы описания бизнес-процессов. Наиболее благоприятным здесь является применение метода функционального моделирования. Диаграммы процессов, технические схемы и документация оборудования, используемого для процесса, могут использоваться в качестве справочной информации. Разработанная функциональная модель является основой для выявления «угроз» и «уязвимостей» этого процесса [46].

В предлагаемом алгоритме интересно определить степень ущерба, так как эта категория является наиболее важной с точки зрения управления процессами, поскольку она служит приоритетным критерием для определения уровня допустимого риска. Расчет экономического ущерба, полученного в результате чрезвычайной ситуации, должны обеспечить не только оценку стоимости утраченных или поврежденных материальных благ общества, а также оценку нематериальных благ, таких как документация, персонал, имидж и т.д.

Завершающим этапом анализа рисков является математический расчет степени риска, составление таблиц рисков и матриц для процесса перекачки газа. Затем устанавливается допустимый уровень риска для этого конкретного случая. На этом заканчивается этап анализа и оценки рисков [29].

Основное преимущество предлагаемого алгоритма количественного анализа рисков перед традиционными алгоритмами заключается в том, что при таком анализе выявляются «уязвимости» в технологическом процессе, которые затем используются как контролируемые и управляемые параметры (на этапе разработки управления рисками). Традиционные методы оценки риска сосредоточены на определении вероятности события риска и позволяют делать только выводы об опасностях объектов и, таким образом, разрабатывать рекомендации по контролю риска.

Следующим шагом в создании системы управления рисками является развитие деятельности, снижающей уязвимость процесса, что, в свою очередь,

обеспечивает безопасный стимул к работе. Существуют следующие методы управления рисками: снижение риска, передача риска (страхование рисков), предотвращение риска (отказ от действий), принятие риска и сохранение риска на приемлемом уровне.

Таким образом, управление рисками для опасных производственных процессов, задуманное как интегрированная система, позволяет выявлять угрозы при реализации основных процессов и реализации стратегических целей и задач, а также информировать руководство с помощью отчетов об анализе и оценках рисков. Внедряя систему управления, соответствующую современным принципам и концепциям управления, определяя риски и снижая их до приемлемого уровня, компания дает оценку убытков, которые могут понести компании в течение намеченного периода, а затем своевременно принимает необходимые меры по предотвращению этих потерь [29].

#### 1.4. Перспективы развития газовой промышленности в России

Российская газовая промышленность играет важную роль в российской экономике и мировой энергетической системе, поскольку она обладает огромным потенциалом ресурсов, производства, технологий и персонала. Однако в последние годы, помимо внутренних и внешних вызовов, промышленность также обратилась к изучению ситуаций, связанных с территориальным рейтингом России в глобальной газовой системе, региональному и организационному определению структур добычи, переработки и транспорта газа в России. Устойчивое определение тенденций и моделей развития газа выросло в России на нынешнем этапе и должно послужить основой для прогнозирования показателей дальнейшего развития природного газа, обоснования разумной политики и защиты национальных интересов на мировом энергетическом рынке [17].

В 2017 г. в структуре добычи газа в России 87,7 % приходится на добычу природного газа (605,7 млрд. м<sup>3</sup>) и 12,3 % – на добычу попутного нефтяного

газа (ПНГ) (85,4 млрд. м<sup>3</sup>), что сопоставимо со структурой добычи в 2015 г. (рис. 1.4.). Темп прироста добычи ПНГ сократился с 6 % в 2016 г. до 2,5 % в 2017 г.

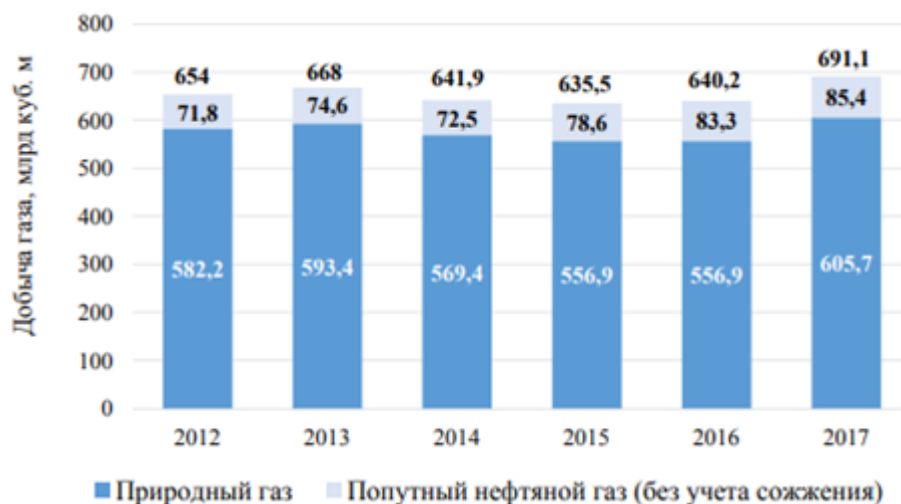


Рис. 1.4. Динамика добычи природного и попутного нефтяного газа в России

Таким образом, тенденция незначительного, но неуклонного увеличения роста доли ПНГ в структуре добычи газа за последние несколько лет сменились его снижением в 2017 г., который был обусловлен значительным увеличением добычи природного газа в объеме около 50 млрд. м<sup>3</sup> [59].

Уровень добычи газа практически не изменился за последние пять лет значительно и составил 556 млрд. м<sup>3</sup> и 594 млрд. м<sup>3</sup>. Тем не менее, добыча природного газа снизилась в каждом рассматриваемом году с 2013 года. В то же время добыча ПНГ за последние три года (с учетом 2017 года) выросло относительно высокими темпами (3-8 %) [57].

Структура добычи природного газа и попутного газа существенно не изменилась, так как доля добычи природного газа составляла 87-89 %, а попутного нефтяного газа 11-13 % [5].

Газ широко используется в качестве ценного сырья для органического синтеза углеводородов и высококачественного топлива для промышленности. Переход на газовое топливо снижает вредные выбросы в атмосферу, повышает

реализуемость производственных показателей, создает предпосылки для повышения производительности промышленных предприятий и для социально-экономического развития регионов. В то же время газификация улучшает условия труда и жизни населения и уменьшает разрыв между уровнем жизни населения в городах и сельских районах. Для устойчивого газоснабжения потребители постепенно используют технические средства и способы добычи, транспортировки, переработки и хранения газа [50].

Метан ( $\text{CH}_4$ ) является основным компонентом продуктов горения газа. Его теплота сгорания в 2,5 раза выше, чем у угля. Содержание метана в природном газе составляет от 70 % до 98 %, в нефтяных газах от 62 % до 96 %. В российских угольных пластах содержание метана оценивается в 83,7 трлн.  $\text{м}^3$  и во всем мире 260 трлн.  $\text{м}^3$  в атмосфере Земли 6 трлн.  $\text{м}^3$ . В водах океанов, морей и озер растворено около 13-14 трлн.  $\text{м}^3$  метана, т. е. гораздо больше, чем разведанных промышленных запасов - 140 трлн.  $\text{м}^3$  [55].

Сжиженные природные газы и углеводороды используются для покрытия пиковой нагрузки потребления газа и в качестве топлива для транспортных газовых двигателей. С 1936 года работы в нашей стране были намеренно направлены на использование сниженного природного газа (СПГ) и компримированного природного газа (КПГ) в качестве топлива для автомашин, тяжелых грузовиков, поездов, дизельных локомотивов, рефрижераторов, судов типа «река-озеро», самолетов и космических кораблей. Использование газового топлива позволяет заменить 80 % дизельного топлива на судоходных локомотивах и тепловозах. В настоящее время на автомагистралях в европейской части России и Западной Сибири установлены автозаправочные станции с газовыми компрессорами для автотранспорта. Проблема заключается в переходе на газомоторное топливо исключительно из транспортных средств, производимых в стране [32].

Первый опыт добычи природного газа и передачи его трубопроводов потребителям был получен при освоении небольших месторождений. После строительства в 1946 году был введен в эксплуатацию главный магистрального

газопровода длиной 800 км Саратов-Москва диаметром от 0,3 м до 0,5 м с поршневой мощностью ГПА от 700 кВт до 1,0 МВт и введен в эксплуатацию в 1957 году магистральный газопровод Ставрополь-Москва-Ленинград диаметром 0,7 м и рабочим давлением 5,5 МПа и ГПА мощностью до 4 МВт [30].

Осуществление дальней морской транспортировки газа требовало разработки и реализации многих новейших технических решений [48]:

- производство стальных труб большого диаметра освоено металлургическими заводами;
- сварка трубных соединений сильно автоматизирована;
- для повышения рабочего давления и емкости газопроводов использовались стальные трубы высокого качества с более высокой прочностью;
- полностью механизированный земляные и изоляционно-укладочные работы;
- прокладка газопроводов в холодных климатических зонах.

Потребности развивающейся газовой промышленности решаются на высоком научно-техническом уровне в отечественной технике. В течение нескольких периодов развития газовой промышленности выбор блока ГПА определялся уровнем развития топливно-энергетических комплексов, а также машиностроения. В газотурбинных двигателях ГПА мощностью 6,3, 10 и 16 МВт учитывался опыт, накопленный при разработке электростанций для авиационной и судоходной промышленности [23].

В России добыча природного газа осуществляется в основном в Уральском федеральном округе (Ямало-Ненецкий автономный округ). Кроме того, природный газ добывается в Приволжском федеральном округе (Оренбургская и Саратовская области), Южном федеральном округе (Астраханская область и Краснодарский край), Сибирском федеральном округе (Красноярский край и Томская область), Дальневосточном федеральном округе

(Сахалинская область и Республика Саха), а также на шельфе Каспийского моря, Карского и Охотского моря [43].

Богатейшие природные ресурсы нашей страны (около 30 % мировых месторождений угля, 13,6 % нефти, 24,2 % природного газа) и энергетика составляют основу устойчивого экономического развития. Энергетический потенциал страны растет за счет природного газа, нефти, угля, гидроэнергетики и атомного топлива [51].

Российская газовая промышленность, несмотря на непрерывную среднюю транспортировку природного газа, а также возросшие расходы на строительство и эксплуатацию газопроводных сетей в сложных климатических условиях, шла в ногу с темпами развития по сравнению с другими энергетическими сферами [18].

По мере освоения новых месторождений и увеличения добычи газа в стране увеличивается протяженность газовых сетей и количество газифицированных поселений. Доля отечественной экономики России в потреблении газа населением составляет более 20 % [56].

Экономичность использования потребителями природного газа во многом зависит от транспортной составляющей в ее стоимости и от продолжительности транспортных соединений. В периоды мирового экономического развития поставки газа на внутренний рынок по соответствующим ценам на газ были бесполезны. ОАО «Газпром» ведет интенсивный поиск возможностей выхода на прогрессивную и энергосберегающую технологию, более эффективное использование природного газа и создание внутреннего рынка тепла, электроэнергии и газа, что привело бы к потерям проектов, которые были бы экономически выгодны потенциальным потребителям газа [21].

## 2. Объект и методы исследования

### 2.1. Объект исследования

Объектом исследования является предприятие ООО «Газпром трансгаз Уфа». Местонахождение, Уфимский район, с. Миловка.

Видом основной хозяйственной и иной деятельности ООО «Газпром трансгаз Уфа» является:

- Выполнение аварийно-восстановительных и ремонтных работ на магистральных газопроводах, компрессорных станциях и газораспределительных станциях (ГРС);
- Выполнение работ по переизоляции (изоляции) участков, линейной части МГ, технологических газопроводов КС и ГРС;
- Выполнение работ по врезке газопроводов под давлением;
- Выполнение специальных видов работ по техническому обслуживанию и ремонту на газопроводах, в охранных зонах при отсутствии возможности вывода объектов в капитальный ремонт силами сторонних организаций на длительное время;
- Ремонт подогревателей топливного, пускового, импульсного газа на объектах КС и ГРС;
- Восстановление эксплуатационных характеристик аппаратов воздушного охлаждения масла двигателей и нагнетателей на КС;
- Выполнение работ методом наклонно-направленного бурения;
- Выполнение комплексов планово-предупредительных ремонтов (ППР) и сложных сварочно-монтажных работ в период ежегодных плановых остановок компрессорных цехов;
- Выполнение транспортных перевозок производственных и опасных грузов, для филиалов общества;
- Капитальный и текущий ремонт дорожно-строительной, грузоподъемной и специальной техники;

➤ Изготовление и испытание технических средств, нестандартного оборудования, средств малой механизации, предназначенных для проведения ремонтных работ, при эксплуатации МГ;

➤ Обеспечение безаварийной и эффективности работы технологического оборудования.

К объектам относятся:

➤ Промплощадка (производственная база).

На территории производственной базы расположены комплекс зданий и сооружений для обслуживания и ремонта автотранспорта, а также ремонта узлов и деталей линейной части газопровода.

Объекты производственной базы:

➤ Административно-бытовой корпус со столовой и медпунктом;

➤ Цех технического обслуживания и технического ремонта грузоподъемных механизмов и дорожно-строительной техники, в составе которого предусмотрены: 1 сварочный пост;

➤ Цех технологической подготовки производства, в составе которого предусмотрены: 4 сварочных поста, механический, слесарный, ремонтно-строительный, шлифовальный, механосборочный, участок прессового оборудования, участок по изготовлению строп;

➤ Цех механосборочных работ;

➤ Автозаправочная станция (АЗС);

➤ Механизированная автомойка с обратным водоснабжением;

➤ Трубосварочная база;

➤ Теплая стоянка для транспорта;

➤ Открытая стоянка с подогревом;

➤ Пункт газорегуляторный блочный (ПГБ);

➤ Контрольно-пропускной пункт;

➤ Установка для очистки сточных вод «Универсал»;

➤ Дизельная электростанция;

➤ Трансформаторная подстанция



## 2.2. Методы исследования

### 2.2.1. Метод расчета выбросов при резке металлов

Выброс хрома при газовой резке, легированной стали рассчитывается по формуле:

$$q_{Cr} = 0.14 \cdot (Cr)/100$$

где: (Cr) – содержание хрома в стали, %.

Выброс оксидов марганца и его соединений при газовой резке, легированной стали рассчитывается по формуле:

$$q_{Mn} = 0.5 \cdot (Mn)/100$$

где: (Mn) – содержание марганца в стали, %.

Выброс железа оксидов при газовой резке, легированной стали рассчитывается по формуле:

$$q_{Fe} = 0,5 \cdot \sigma$$

где: где  $\sigma$  – толщина разрезаемого металла, мм;

(Fe) – содержание железа в стали, % [10].

### 2.2.2. Метод расчета выбросов бенз(а)пирена (3,4 – Бензапирен)

Концентрация бенз(а)пирена, мг/нм<sup>3</sup>, в сухих дымовых газах при сжигании природного газа на выходе из топочной зоны котлов малой мощности определяется по формулам:

- при  $a''_T = 1,08 - 1,25$ :

$$c_{\text{бп}}^r = 10^{-3} \cdot \frac{0,059 + 0,079 \cdot 10^{-3} q_V}{e^{3,8(a''_T - 1)}} K_d K_p K_{\text{ст}}$$

– для  $a''_T > 1,25$ :

$$c_{\text{бп}}^r = 10^{-3} \cdot \frac{0,032 + 0,043 \cdot 10^{-3} q_V}{e^{1,14(a''_T - 1)}} K_d K_p K_{\text{ст}}$$

где:  $a''_T$  – коэффициент избытка воздуха в продуктах сгорания на выходе из топки;

$q_V$  – теплонпряжение топочного объема, кВт/м<sup>3</sup>;

при сжигании проектного топлива величина  $q_V$  берется из технической документации на котельное оборудование;

при сжигании непроектного топлива величина  $q_V$  рассчитывается по соотношению:

$$q_V = B_p \cdot Q_i^f / V_t,$$

где:  $B_p = B \cdot (1 - q_4/100)$  - расчетный расход топлива на номинальной нагрузке, кг/с (м<sup>3</sup>/с);

$B$  - фактический расход топлива на номинальной нагрузке, кг/с (м<sup>3</sup>/с);

$Q_i^f$  - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг (кДж/м<sup>3</sup>);

$V_t$  - объем топочной камеры, м<sup>3</sup>; берется из техдокументации на котел.

$K_o$  – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки котла на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по графику рис. 2.1 (Прил. №1);

$K_p$  – коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по графику рис. 2.2 (Прил. №1);

$K_{cm}$  – коэффициент, учитывающий влияние ступенчатого сжигания на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания, определяется по графику рис. 2.3 (Прил. №1) [33].

### 2.2.3. Метод расчета выбросов азота диоксид

Валовый выброс оксидов азота (в пересчете на NO<sub>2</sub>), выбрасываемых в атмосферный воздух, рассчитывают по формуле:

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot B \cdot K_{NO_2} \cdot Q_H^p \cdot (1 - \beta)$$

где:  $B$  – расход топлива, т/год;

Для газообразного топлива:  $B = V \cdot \rho$ , т/год где:

$V$  – расход природного газа, тыс.м<sup>3</sup>/год;

$\rho$  – плотность природного газа, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho = 0,68$  до  $0,85$  кг/м<sup>3</sup>)

$K_{NO_2}$  – параметр, характеризующий массу оксидов азота, образующихся на 1 ГДж теплоты, кг/ГДж;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий степень снижения выбросов в результате применения технических решений.

При отсутствии технических решений  $\beta = 0$ ;

$Q_{it}^p$  – теплота сгорания топлива, МДж/кг [34].

#### 2.2.4. Метод расчета выбросов углерода оксида

Количество оксида углерода, т/год или г/с, выбрасываемого в атмосферу рассчитывается по формуле:

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot V \cdot C_{CO} \cdot (1 - q_4/100)$$

где:  $V$  – расход топлива, г/с (т/год);

$C_{CO}$  – выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг (г/нм<sup>3</sup>) или кг/т (кг/тыс.нм<sup>3</sup>), определяется по формуле:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_i^r$$

где:  $q_3$  – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %,  $q_3 = 0,2$ ;

$Q_i^r$  – низшая теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг (МДж/нм<sup>3</sup>);

$q_4$  – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %, для газа  $q_4 = 0$ ;

$R$  – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; принимается для газа  $R = 0,5$ .

Ориентировочная оценка суммарного количества выбросов оксида углерода  $M_{CO}$ , (г/с, т/год), может проводиться по формуле:

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot V Q_i^r \cdot K_{CO} (1 - q_4/100)$$

где:  $K_{co}$  – количество оксида углерода, образующееся на единицу тепла, выделяющегося при горении топлива, кг/ГДж [25].

#### 2.2.5. Метод расчета выброса метана при эксплуатации факельных установок

При эксплуатации факельных установок происходит неполное сгорание горючих газов и паров, сопровождающееся выбросом метана в атмосферу с продуктами сгорания [31].

Для расчета выбросов метана в атмосферу необходимо знать объем газа, расходуемого при сжигании.

Объем газа, расходуемого на эксплуатацию факельной установки, измеряются инструментально, определяют расчетом или принимают в соответствии с технологическим регламентом.

Объем газа, расходуемого на факел,  $V_{\phi}$ , м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$V_{\phi} = V_{\text{зат}} + V_{\text{гор}}$$

где:  $V_{\text{зат}}$  – объем затворного (продувочного) газа, подаваемого в факельную систему для предотвращения попадания в нее воздуха, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{гор}}$  – объем газа, подаваемого на дежурные горелки, м<sup>3</sup>.

Объем затворного газа, расходуемого за расчетный период,  $V_{\text{зат}}$ , м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$V_{\text{зат}} = 3600 \cdot v \cdot F \cdot T,$$

где:  $v$  – скорость движения газа, м/с;

$F$  – площадь выходного сечения факельного ствола, м<sup>2</sup>;

$t$  – время работы факела, ч;

3600 – коэффициент пересчета «ч» в «с».

Скорость движения газа  $v$  определяется конструкцией факела и принимается:

-  $\geq 0,05$  м/с для факелов с лабиринтным уплотнением (с газовым затвором);

- не менее 1,0 м/с для факелов без лабиринтного уплотнения.

Объем газа, расходуемого на горелки за расчетный период,  $V_{гор}$  м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$V_{гор} = Q_{гор} \cdot b \cdot t,$$

где:  $Q_{гор}$  – объемный расход газа на одну дежурную горелку, м<sup>3</sup>/ч;

$b$  – количество горелок;

$t$  – время работы горелки, ч.

Расход газа на одну горелку принимается по технической документации и зависит от типа горелки. При отсутствии этих данных расход газа на обычную горелку принимают равным 2,2 – 5,0 м<sup>3</sup>/ч [42].

### 3. Результаты и обсуждения

#### 3.1. Анализ выбросов на предприятии ООО «Газпром трансгаз Уфа» за 2017-2019 год

Основными источниками загрязнения в случае ремонта линии газовых трубопроводов являются выбросы газа из-за линейного отключения от газопроводов и технологических выбросов в процессе эксплуатации (ГПА-включение и выключение, продувка пылеуловителей т.д.), а также продукты горения ГПА [27].

На компрессорных станциях основным источником загрязнения является ГПА, выхлопные газы которого содержат оксиды азота и углерода.

В технологическом цеху, на сварочном посту проводятся работы с применением ручных электродов (УОНИ-13/45). В атмосферу выделяются дижелезо триоксид (железа оксид) (в пересчете на железо), марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид), азот диоксид (азот (IV) оксид), азот (II) оксид (азота оксид), углерод оксид, фториды газообразные, фториды плохо растворимые, пыль неорганическая: 70-20 % SiO<sub>2</sub> [37].

Полный перечень выбросов в атмосферный воздух в результате деятельности предприятия представлен в табл. 1.

Таблица 1

Полный перечень выбрасываемых веществ в атмосферу предприятием «Газпром трансгаз Уфа» за 2017-2019 год

№	Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности	Количество выбросов за 2017 год/т	Количество выбросов за 2018 год/т	Количество выбросов за 2019 год/т
1	Хром (хром VI)	1	0,00289	0,00281	0,00284

Продолжение табл. 1

2	Динатрий карбонат	3	0,01219	0,01210	0,01217
3	Натрий гидроксид	-	0,00029	0,00034	0,00035
	Дижелезо триоксид (железа оксид)	3	1,90456	1,90447	1,90474
5	Никель оксид	2	0,00009	0,00006	0,00010
6	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	2	0,0091	0,0092	0,0097
7	Азота диоксид (азот (IV) оксид)	3	3,15008	3,14991	3,15011
8	Азотная кислота (HNO <sub>3</sub> )	2	0,00068	0,00060	0,00069
9	Азот (II) оксид	3	0,0777	0,0786	0,0769
10	Соляная кислота	2	0,087	0,098	0,1
11	Серная кислота (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2	0,01284	0,01280	0,01278
12	Углерод (сажа)	3	0,04796	0,04653	0,04529
13	Сера диоксид	3	0,04926	0,04818	0,04706
14	Дигидросульфид	2	0,00010	0,00008	0,00014
15	Углерод оксид	4	2,69875	2,69823	2,69891
16	Фториды газообразные	2	0,00496	0,00491	0,00497
17	Фториды плохо растворимые	2	0,00363	0,00356	0,00365
18	Метан	-	0,266022	0,266081	0,266067
19	Углеводороды предельные C12- C19	4	0,03630	0,03637	0,03639
20	Бензол	2	0,00145	0,00158	0,00153
21	Этилбензол	3	0,00004	0,00002	0,00005
22	Бенз/а/пирен (3,4- Бензапирен)	1	0,00000251	0,00000247	0,00000255
23	Формальдегид	2	0,00025	0,00022	0,00026
24	Смесь природных меркаптанов (одорант)	3	1,34E-06	1,34E-06	1,34E-06
25	Бензин (нефтяной, малосернистый)	4	0,07191	0,07179	0,07185
26	Керосин	-	1,44539	1,44547	1,44542

Продолжение табл. 1

27	Пыль неорганическая: 70-20% SiO <sub>2</sub>	3	0,00260	0,00257	0,00270
28	Смесь углеводородов предельных C1-C5	4	0,04260	0,04246	0,04254
29	Пыль абразивная (корунд белый, монокорунд)	-	0,52059	0,52055	0,52067
30	Тринатрий фосфат (натрий ортофосфат)	-	0,00060	0,00070	0,00076
ИТОГО			10,4498358	10,2924549	10,4586409

В атмосферу от предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа», выбрасывается 30 наименований загрязняющих веществ.

Анализ выбросов вредных веществ в атмосферу от деятельности предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа» за 2017-2019 год приводится на рис. 3.1.

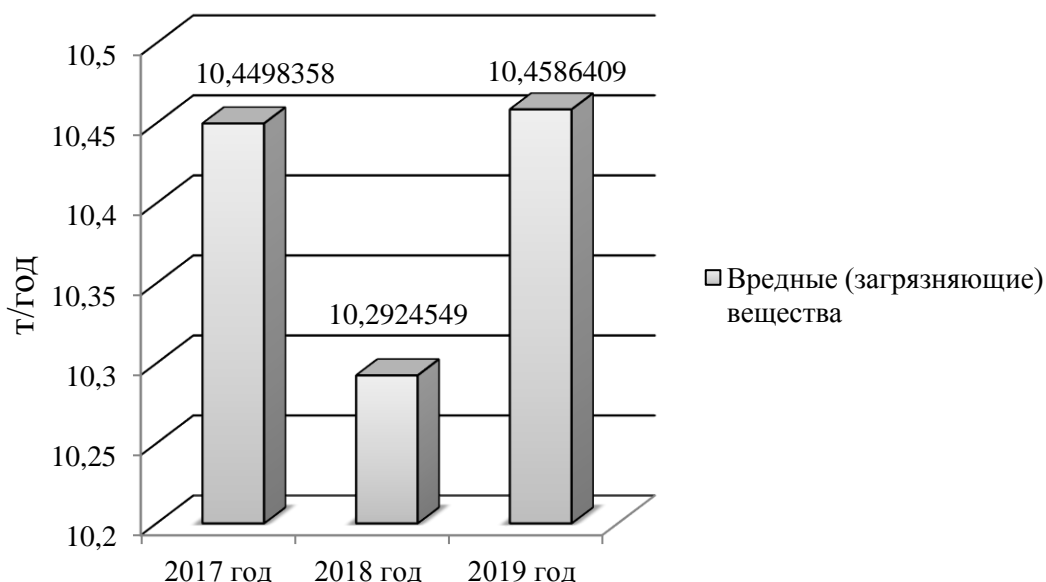


Рис. 3.1. Анализ выбросов вредных веществ в атмосферу от деятельности предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа» за 2017-2019 год



В 2018 году выбросов вредных (загрязняющих) веществ от деятельности предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа» стало меньше, потому что уменьшилась производительность работ.

Структура и суммарный выброс загрязняющих веществ из цеха №1 Механосборочных работ приводится в табл. 2.

Таблица 2

Перечень загрязняющих веществ цеха №1 механосборочных работ за 2017-2019 год

Вредное (загрязняющее) вещество	Класс опасности	ПДВ, т/год	Количество выбросов за 2017 год/т	Количество выбросов за 2018 год/т	Количество выбросов за 2019 год/т
Дижелезо триоксид (железа оксид)	3	0,29	0,31824	0,31847	0,31835
Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	2	0,01	0,00011	0,00014	0,00013
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	3	0,17	0,27234	0,27229	0,27227
Азот (II) оксид (азот оксида)	3	0,08	0,0767	0,0786	0,0759
Углерод оксид	4	2,8	0,82229	0,82241	0,82217
Смесь природных меркаптанов (Одорант)	3	0,00000006	0,00000032	0,00000024	0,00000037
Фториды плохо растворимые	2	0,07	0,00008	0,00011	0,00009
Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	1	0,000001	0,00000021	0,00000048	0,00000032
Метан	4	2,608	0,26022	0,25049	0,25402

Продолжение табл. 2

Фториды газообразные	2	0,00005	0,00019	0,00027	0,00030
Пыль неорганическая: 70-20% SiO <sub>2</sub>	3	0,029	0,026	0,020	0,016
Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	-	0,2	0,01440	0,01435	0,01441
<b>ВСЕГО</b>			<b>5,34134194</b>		

Структура и суммарный выброс загрязняющих веществ из цеха №2 технологической подготовки производства (ЦТПП) в атмосферу приводится в табл. 3.

Таблица 3

Перечень загрязняющих веществ цеха №2 ЦТПП за 2017-2019 год

Вредное (загрязняющее) вещество	Класс опасности	ПДВ, т/год	Количество выбросов за 2017 год/т	Количество выбросов за 2018 год/т	Количество выбросов за 2019 год/т
Дижелезо триоксид (железа оксид)	3	0,37	0,40867	0,40981	0,40877
Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	2	0,0004	0,0007	0,0009	0,0008
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	3	0,1	0,14169	0,14151	0,14181
Азот (II) оксид (азот оксида)	3	0,006	0,00646	0,00639	0,00649
Пыль неорганическая: 70-20% SiO <sub>2</sub>	3	0,00049	0,00160	0,00152	0,00163

Продолжение табл. 3

Метан	4	0,5	0,01256	0,01321	0,01332
Хром (хром VI)	1	0,00172	0,00181	0,00189	0,00197
Пыль абразивная (корунд белый, монокорунд)	-	0,00041	0,03264	0,03251	0,03275
Фториды плохо растворимые	2	0,0007	0,00272	0,00264	0,00261
Фториды газообразные	2	0,0005	0,00117	0,00115	0,00120
Соляная кислота	2	0,19	0,02130	0,02113	0,02190
Смесь природных меркаптанов (одорант)	3	0,00000 0005	0,00000011	0,00000009	0,00000015
Углерод оксид	4	0,37	0,20557	0,20580	0,20641
<b>ВСЕГО</b>			<b>2,51501137</b>		

При изучении двух цехов предприятия, был проведен анализ загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу (табл. 4).

Таблица 4

Загрязняющие вещества по двум цехам предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа» за 2017-2019 год

Наименование цеха	Выброс загрязняющих веществ за 2017-2019 гг., т/год
Цех №1 Механосборочных работ	5,34134194
Цех №2 ЦТПП	2,51501137
Всего:	7,85635331

По полученным результатам была построена круговая диаграмма, отражающая процент загрязняющих веществ с каждого цеха (рис. 3.2.).

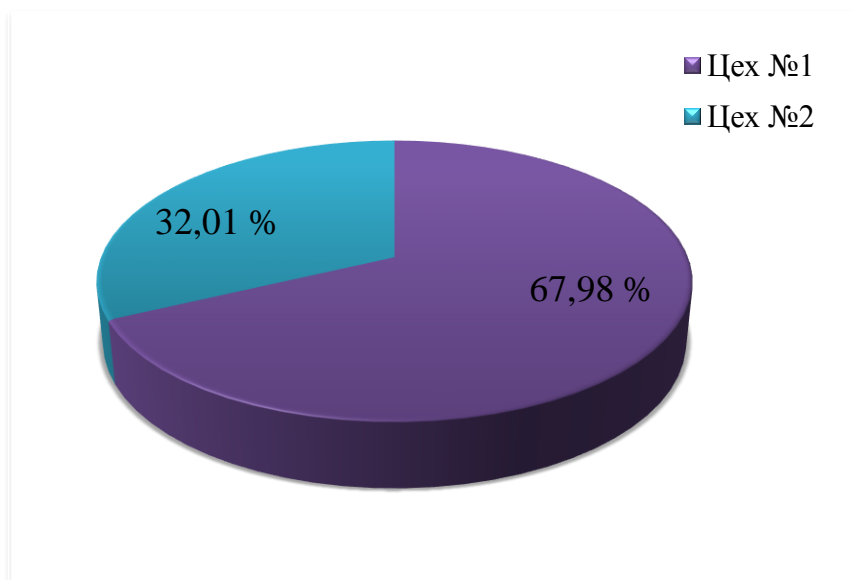


Рис. 3.2. Доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от цехов №1 и №2

### 3.2. Анализ динамики образующихся выбросов по классам опасности за 2017-2019 год

На основании экологических документов и отчетов, были собраны данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу от предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа». В результате промышленной деятельности в атмосферу выбрасывается 30 наименований загрязняющих веществ [37].

Распределение загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух:

I класс опасности – хром (VI); бенз/а/пирен (3,4-Бензапирен).

II класс опасности – марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид; азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ ); соляная кислота; серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ); никель оксид (в пересчете на никель); дигидросульфид; фториды газообразные; фториды плохо растворимые; бензол; формальдегид.

III класс опасности – дижелезо триоксид (железа оксид); динатрий карбонат; азота диоксид (азот (IV) оксид); азот (II) оксид; углерод (сажа); сера

диоксид; этилбензол; смесь природных меркаптанов (одорант); пыль неорганическая: 70-20 % SiO<sub>2</sub>.

IV класс опасности – углерод оксид; смесь углеводородов предельных C1-C5; бензин (нефтяной, малосернистый); углеводороды предельные C12-C19.

Общий объем выбросов за 2017-2019 год: I класс опасности – 0,00853754 т/год; II класс опасности – 0,38565 т/год; III класс опасности – 15,725794 т/год; IV класс опасности – 8,5481 т/год (рис. 3.3.).

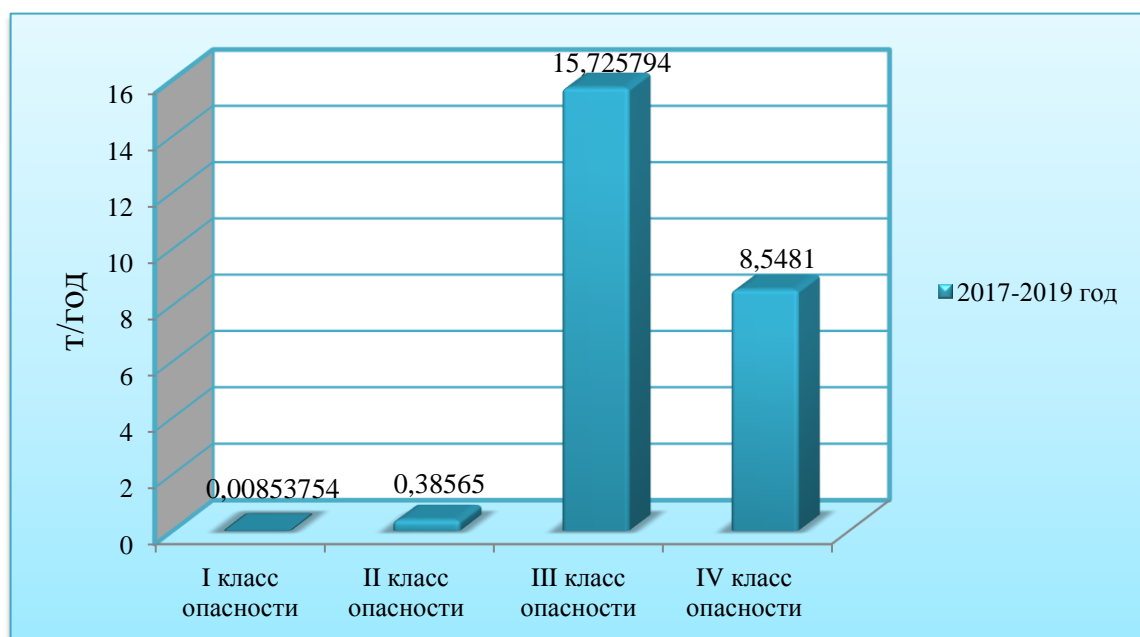


Рис. 3.3. Распределение загрязняющих веществ, выбрасываемых на предприятии ООО «Газпром трансгаз Уфа» по классам опасности за 2017-2019 год

Из каждого класса опасности мы выбрали те веществ, которые образуют наибольшее количество т/год и проанализировали динамику образования выбросов (табл. 5).

Наибольшее количество веществ, образовавшихся за 2017-2019 гг. по классам опасности

Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности	Годовое количество образующихся выбросов, т/год		
		2017 год	2018 год	2019 год
Хром (VI)	1	0,00289	0,00281	0,00284
Соляная кислота	2	0,087	0,098	0,1
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	3	3,15008	3,14991	3,15011
Углерод оксид	4	2,69875	2,69823	2,69891
Всего:		5,93872	5,94895	5,95186

За 2019 год выбросов больше. Так как в 2019 году объемов работ было больше, чем в предыдущие года.

К I классу опасности относится хром (VI), норматив образования составляет предельно допустимое количество выброса хрома (VI) в воздухе (ПДВ) – 0,0014 т/год (рис. 3.4.).

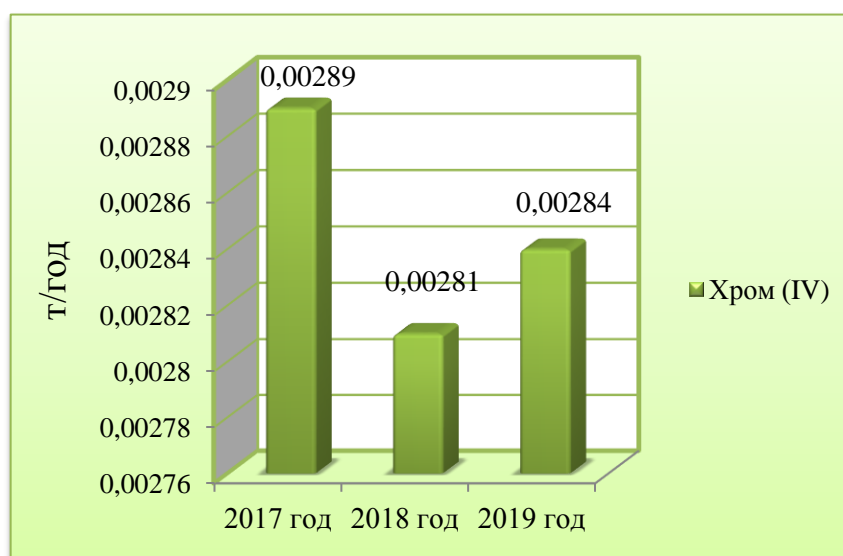


Рис. 3.4. Выбросы вещества I класса опасности за 2017-2019 гг.

В цеху механосборочных работ в 2017 году образование хрома (VI) выше, так как в 2017 году была большая производительность работ по гальваническому хромированию металлических изделий. В 2018 и 2019 году образование хрома (VI) уменьшилось, потому что работы по гальваническому хромированию металлических изделий уменьшились, так как начали использовать гальваническое никелирование, то есть обрабатывать металл никелем, а не хромом (VI).

Ко II классу опасности относится соляная кислота, норматив образования составляет (ПДВ) – 0,09 т/год (рис. 3.5.).

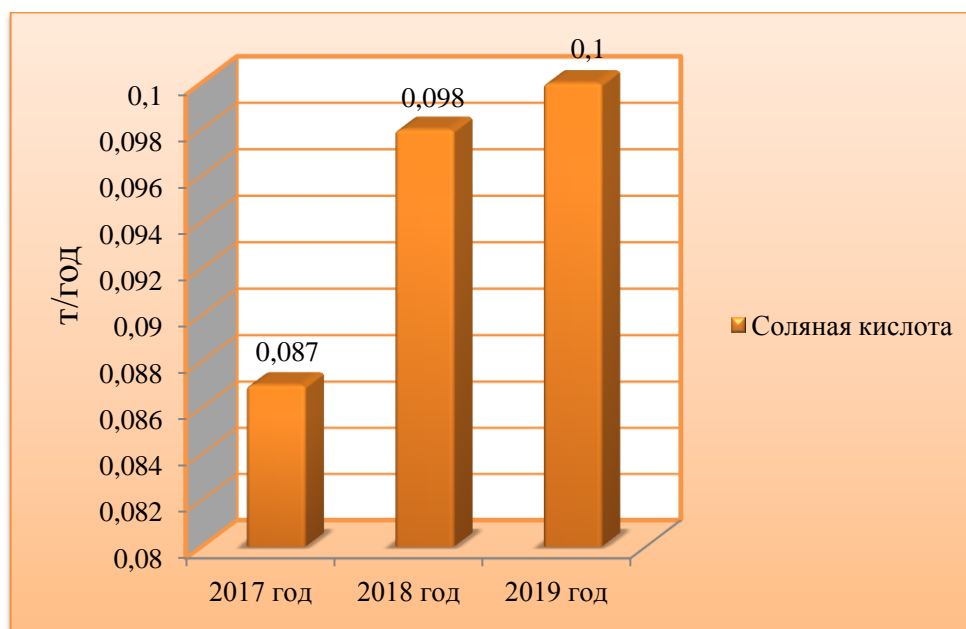


Рис. 3.5. Выбросы вещества II класса опасности за 2017-2019 гг.

Увеличение выбросов соляной кислоты с 2017-2019 год связано с тем, что при травлении металлоизделий в соляной кислоте получается более качественная поверхность, сокращается время удаления окалины, кроме того скорость травления в соляной кислоте при комнатной температуре выше, ее преимуществом является так же высокая растворимость хлорида железа. В связи с этим идет увеличение производительности работ по травлению именно в соляной кислоте, а не в серной кислоте ( $H_2SO_4$ ).

К III классу на предприятии относятся выбросы азота диоксида (Азот (IV) оксид), норматив образования (ПДВ) – 0,2 т/год (рис. 3.6.).

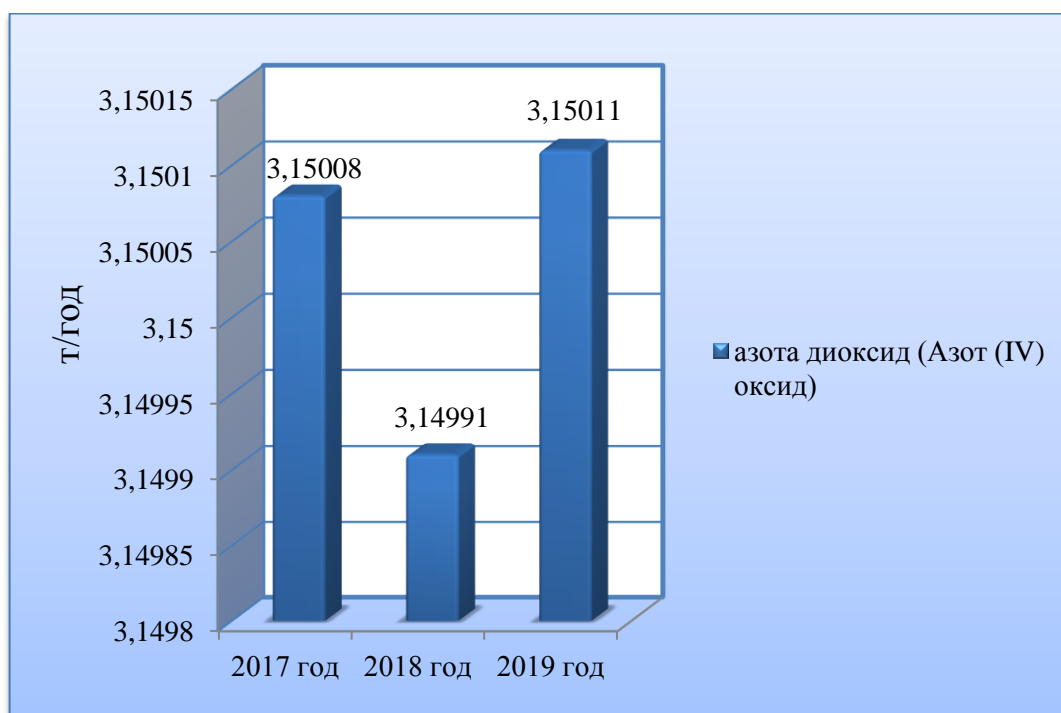


Рис. 3.6. Выбросы вещества III класса опасности за 2017-2019 гг.

В 2017 и 2019 году произошли утечки газов на ГПА, что повлекло за собой большой выброс диоксида азота. В 2018 году были технологические выбросы диоксида азота при эксплуатации и ремонте ГПА.

К IV классу опасности относятся выбросы углерод оксид, норматив образования (ПДВ) – 2,8 т/год (рис. 3.7.).



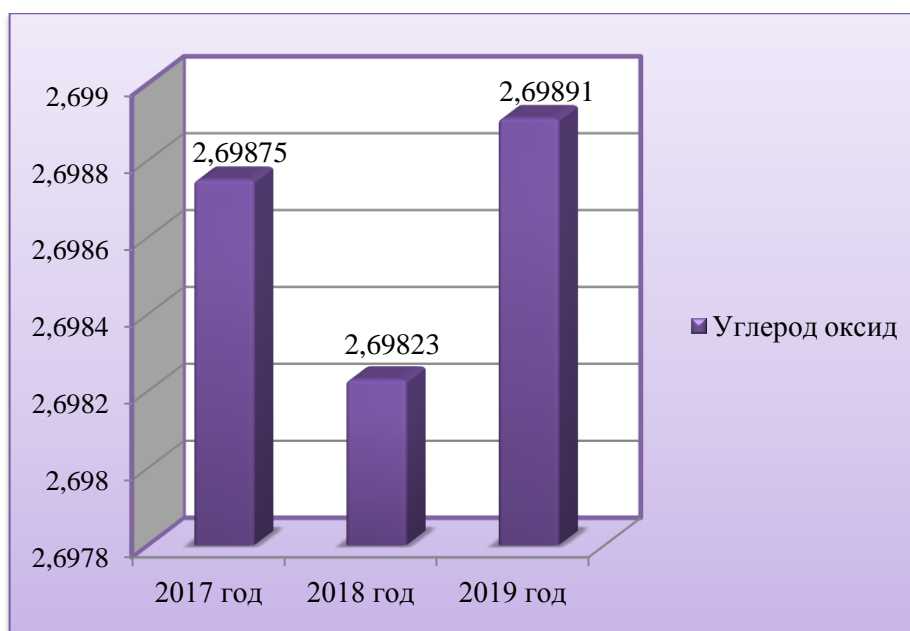


Рис. 3.7. Выбросы вещества IV класса опасности за 2017-2019 гг.

За 2017-2019 год уровень выбросов углерода оксида не превышал значения ПДВ, так как соблюдались правила по уменьшению выбросов в атмосферный воздух для углерода оксида и не было аварийных ситуаций на КС.

С 2017 по 2019 год количество выбросов увеличились (рис. 3.8.). Это связано с тем, что происходит увеличение производительности предприятия и случались утечки газов на ГПА.

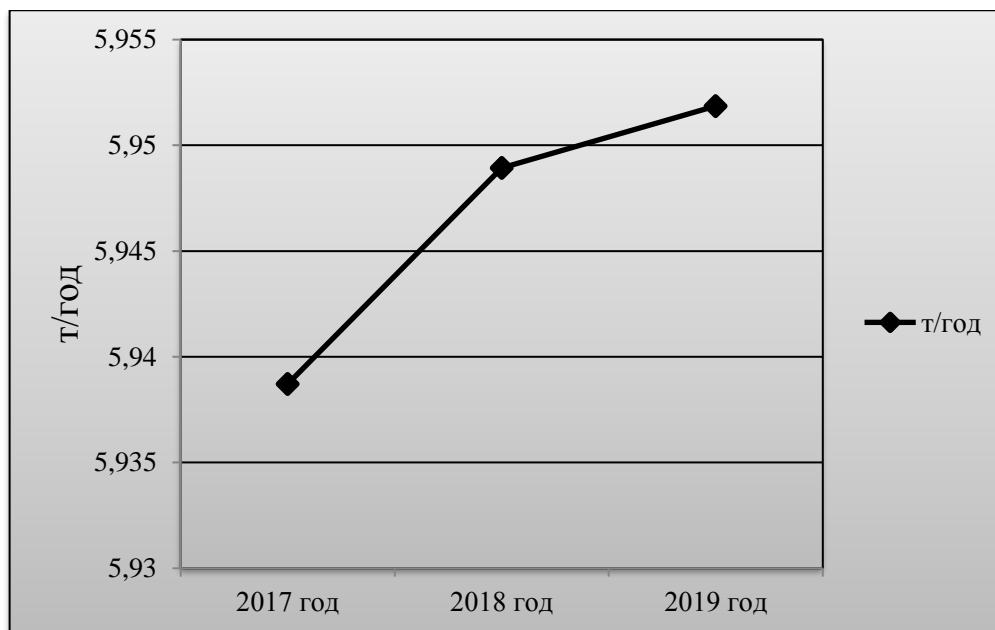


Рис. 3.8. Динамика образования выбросов I-IV класса опасности за 2017-2019  
год

В результате данного анализа было выявлено, что на предприятие ООО «Газпром трансгаз Уфа» преобладают выбросы азота диоксида (азот (IV) оксид) – III класс опасности – 3,15011 т/год (за счёт аварии и утечки на ГПА), наименьшее количество выбросов хрома (VI) I класса опасности – 0,00281 т/год.

#### 4. Рекомендации по снижению объема вредных загрязняющих веществ от деятельности предприятия ооо «газпром трансгаз уфа»

##### 4.1. Рекомендации по снижению объемов выбросов оксидов азота

В атмосферу Земли ежегодно выделяется до 50 миллионов тонн оксидов азота. При транспортировке газов основными источниками загрязнения воздуха являются КС. Они обеспечивают большую часть оксида и диоксида азота в воздухе, окись углерода [1].

Сокращение их содержания в воздухе является важной задачей в газовой промышленности. Кроме того, ГПА также является основным источником загрязнения, выхлопные газы которого содержат оксиды азота и углерода. Отрицательное воздействие загрязнителей воздуха связано с их токсическими и раздражительными свойствами.

Одним из аспектов сохранения является регулирование количества газообразных загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферу. Оксиды азота оказывают очень негативное воздействие на организм человека. Они повреждают легкие и увеличивают приток инфекции в дыхательную систему. Вещество также приводит к раздражению глаз и расширению сосудов, что приводит к снижению артериального давления [47].

Существует два способа для ограничения выбросов: 1) снижение выбросов за счет кардинального изменения конструкции ГПА (сухое подавление выбросов  $\text{NO}_x$ ) 2) последующая обработка выбросов от ГПА (селективное каталитическое восстановление – СКВ). Метод сухого подавления является перспективным методом нейтрализации  $\text{NO}_x$ , но его применение не всегда выгодно: стоимость восстановления газовой турбины сопоставима с половиной стоимости новой турбины. Таким образом, СКВ является более универсальным способом снижения выбросов ГПА [20].

Селективное каталитическое восстановление является наиболее эффективным способом сокращения выбросов  $\text{NO}_x$  и уже давно используется

компаниями в Европе, США и Юго-Восточной Азии. Эффективность этой группы методов высока, так как некоторые из них могут снизить вредные выбросы на 90 % и более. Он заключается в восстановлении оксидов азота с помощью аммиака в присутствии катализатора при температуре 150-450 °С. Этот процесс называется селективным, потому что аммиак обладает более высокой реакционной способностью по отношению к оксидам азота, чем к кислороду [8].

Система СКВ состоит из модулей, установленных в выхлопной системе ГПА, и дополнительных модулей, обеспечивающих ее работу, расположенных на площадке агрегата (рис. 4.1.).

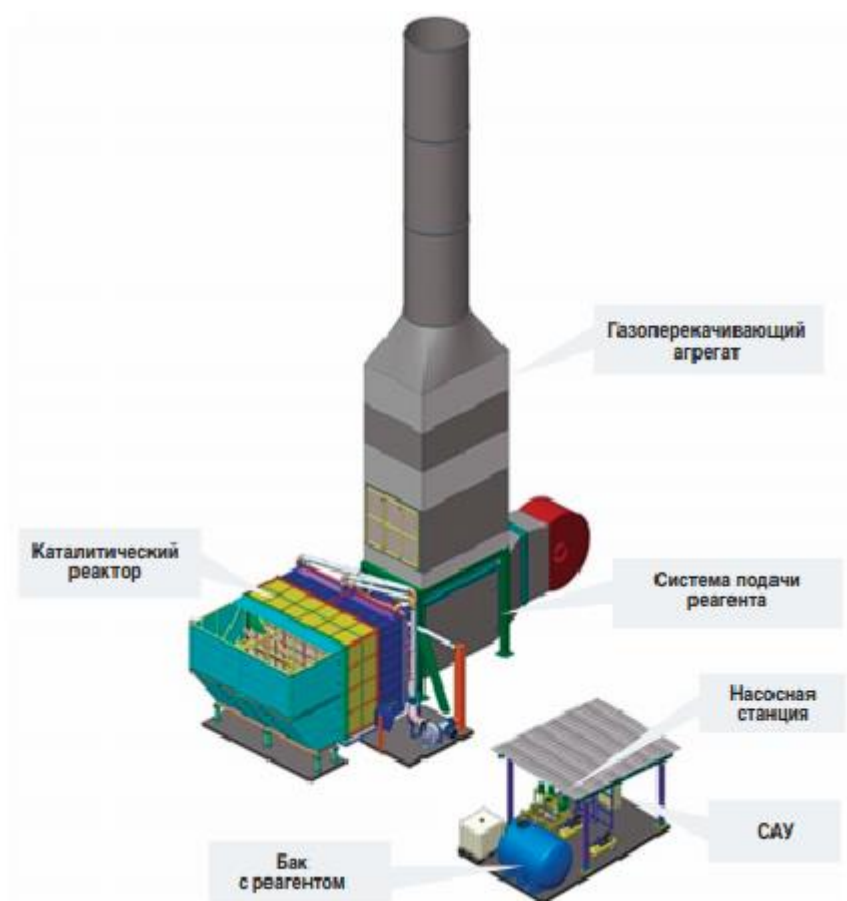
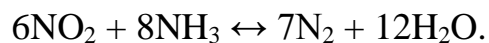
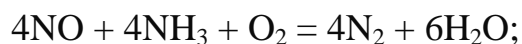


Рис. 4.1. Схематическое изображение системы СКВ

Восстановитель впрыскивается в поток выхлопных газов на входе в катализатор. Преобразование  $\text{NO}_x$  происходит на поверхности катализатора путем основных реакций с аммиаком в качестве восстановителя:



Скорость подачи и расход восстановительного реагента определяются концентрацией  $\text{NO}_x$  на входе и выходе системы очистки [58].

Катализаторы в виде сотовых керамических блоков или пластинчатых элементов используются в качестве катализаторов для установок СКВ. Чаще всего используются сотовые керамические катализаторы. В результате использования катализаторов в процессе очистки пропускная способность реагента снижается, температура нейтрализации оксидов азота значительно снижается, а очищающий эффект превышает 90 % [38].

Низкое количество кислорода в выхлопных газах ускоряет селективное каталитическое восстановление оксидов азота, но более высокое содержание  $\text{O}_2$  оказывает неблагоприятное влияние и снижает скорость процесса СКВ. В промышленности газообразный аммиак обычно используется для очистки выхлопных газов от оксидов азота [26].

При разработке СКВ необходимо определить оптимальную структуру катализатора и различные составы катализатора. Разработка алгоритмов активации и деактивации элементов управления СКВ в автоматическом и ручном режиме в соответствии с инструкциями системы СКВ. Обеспечить автоматическую систему доставки реагентов по сигналу системы автоматического управления (САУ) и дополнительную альтернативную (резервную) систему доставки реагентов [36].

Тесты СКВ могут иметь производительность очистки до 100 % в соответствии с выбранным режимом ГПА и потреблением реагента, которые не только соответствуют предписанным европейским стандартам, но и превышают их в несколько раз. Преимущество разработанной технологии заключается в

том, что она проста в выполнении и использовании и не требует дальнейшего обучения персонала [58].

#### 4.2. Рекомендации по снижению вредных веществ при дуговой сварке металлов

Дуговая сварка в защитной газовой среде имеет большое значение при производстве металлических конструкций. Высокая температура сварочной дуги способствует интенсивному окислению и испарению металла, потока, защитного газа и элементов сплава. Эти пары, окисляемые кислородом воздуха, образуют мелкий порошок, а конвективными потоками при сварке и термической резке газы и пыль направляются вверх, что приводит к высокому пылеобразованию и загрязнению производственных помещений [2].

Основными компонентами пыли при сварке и резке металлов являются оксиды железа, марганца и кремния (около 42 %, 19 % и 5 % соответственно). В пыли могут содержаться другие соединения легирующих элементов [47].

Токсичные включения, из которых состоит сварочный аэрозоль, и вредные газы при попадании в организм человека через дыхательные пути могут оказывать на него негативное воздействие и вызывать различные заболевания. К наиболее вредным выбросам пыли относятся оксиды марганца, вызывающие заболевания нервной системы, легких, печени и крови; соединения кремния, вызывающие в результате вдыхания их силикоз; соединения хрома, которые могут накапливаться в организме вызывая головную боль, заболевания пищеварительного тракта и анемию. Кроме того, на организм негативно влияют соединения алюминия, вольфрама, железа, цинка, меди, никеля и других элементов [2].

Вредные газообразные вещества, попадающие в организм через дыхательные пути и пищеварительный тракт, иногда вызывают серьезное повреждение организма. Наиболее вредными газами, выделяемыми при сварке и резке металлов, являются оксиды азота (особенно диоксид азота), вызывающие заболевания легких и кровеносных систем; окись углерода

(удушающий газ) – это бесцветный газ, он имеет кислый вкус и запах, который в 1,5 раза тяжелее воздуха в зоне дыхания, аккумулирует в помещении и вытесняет кислород и приводит к раздражению дыхательных путей в концентрации более 1 %, вызывает потерю сознания, одышку, судороги и повреждение нервов; озон, который в больших концентрациях напоминает запах хлора, образуется при сварке в инертных газах, приводит к быстрому раздражению глаз, сухости во рту и боли в груди; фтористый водород-бесцветный газ с острым запахом, действует на дыхательные пути, и даже в малых концентрациях он раздражает слизистые оболочки [45].

Практика показывает, что вентиляция (вытяжка, защитные дыхательных маски) вместе с технологическим и организационным комплексом мероприятий снижает концентрацию вредных веществ до предела и существенно улучшает условия труда работников сварочных цехов. Между тем, процесс сварки в настоящее время не улучшился с точки зрения сокращения вредных выбросов дыма, несмотря на значительное развитие современных технологий [39].

Одной из современных тенденций к сокращению количества сварочных аэрозолей является широко разработанное и внедренное исследование в производстве методов сварки с нестационарной, импульсной дугой, которые отличаются из-за их низких выбросов [4].

Представлено исследование по выделению вредных выбросов с использованием разработанной автоматизированной сварочной системы для сварки в  $\text{CO}_2$  с импульсной подачей сварочной проволоки и модуляцией сварочного тока (ИПСП), которая позволяет управлять передачей электродного металла и регулировать тепловложение в сварное соединение. Управление процессом ИПСП благодаря обратной связи по току дуги позволяет стабилизировать процесс сварки, позволяет регулировать глубину проплавления основного металла [40].

Широкий диапазон частотных характеристик процесса и сила импульсного тока позволяют проводить исследования по снижению вредных выбросов сварочного аэрозоля. Сварка должна выполняться проволокой

Св-08ГСМТ на образцах из стали 10ХСНД, тип соединения С2 и Т2, а также на образцах толщиной 1 мм в вертикальном положении. Выпрямитель ВС – 600В используется в качестве источника энергии. Процесс сварки представляет собой короткую дугу с замыканием дугового промежутка [14].

Следует провести исследования влияния двух параметров процесса сварки на выброс дыма – тока дуги, А и частоты импульсов, результаты которых представлены на рис. 4.2. и 4.3. [41].

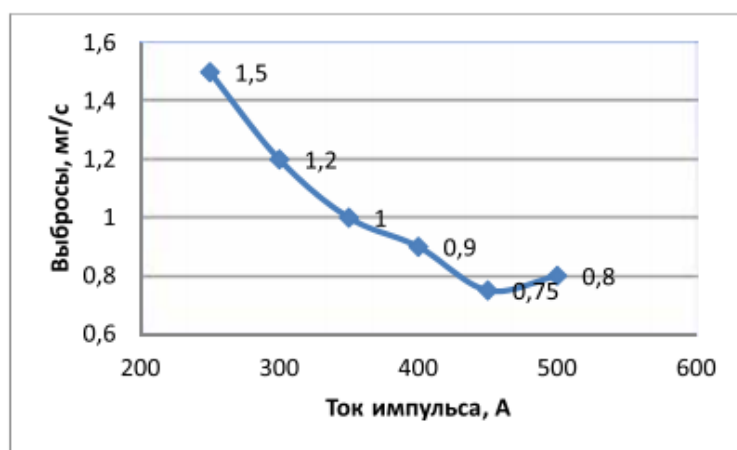


Рис. 4.2. Зависимость выбросов дыма от тока импульса



Рис. 4.3. Зависимость выбросов дыма от частоты импульсов



Анализ процесса сварки в сочетании с данными о выбросах для различных режимов работы позволяет предложить, что самая высокая доля выбросов происходит в момент повторного зажигания дуги после короткого замыкания дуги. Эти данные подтверждают результаты изменения выбросов. В частности, при низких частотах (40-70 Гц) импульсов, когда размер капли относительно велик, выбросов больше, чем при тончайшей капельной передаче на высокие частоты (70-110 Гц). Время перехода капли электродного металла выше, соответственно увеличивается ток короткого замыкания, приводящий к сильному перегреву электродного металла [40].

Уменьшение выбросов за счёт увеличения импульсного тока также увеличивает скорость перехода капли электродного металла в сварочную ванну, что значительно сокращает время нагрева и испарения, что приводит к уменьшению выбросов сварочных аэрозолей. Увеличение глубины проплавления с ростом тока, не приводит к увеличению выбросов, что указывает на то, что основные выбросы выделяются из присадочного материала [3].

Новые методы сварки ПДУ позволяют уменьшать по некоторым веществам выбросов более чем в два раза. Вредные вещества, не улавливаемыми местными вытяжными системами, до уровней, не превышающих их предельно допустимую концентрацию не требуется. Значение удельных выбросов вредных веществ, образующихся при сварке, наплавке и резке металлов, должны быть составной частью нормативно-технической документации сварочных материалов и технологических процессов, утвержденной в установленном порядке [19].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе было проведено исследование влияния предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа» на атмосферный воздух. Поставленная цель и задачи были решены в полном объеме.

### Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Анализ загрязнения атмосферного воздуха от предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа» показал, что общее количество образующихся выбросов за 2017 год составляет 10,4498358 т/год, за 2018 год – 10,2924548 т/год, за 2019 год – 10,4586409 т/год. В 2017 и 2019 году прослеживается увеличение объемов выбросов загрязняющих веществ по сравнению с 2018 годом, это связано с тем что, производительность в эти года увеличились за счет увеличения объемов представленных работ.

2. Общее количество выбросов по классам опасности за 2017-2019 гг.:

- I класс опасности – 0,00853754 т/год;
- II класс опасности – 0,38565 т/год;
- III класс опасности – 15,725794 т/год;
- IV класс опасности – 8,5481 т/год;

Динамика образования выбросов по классам опасности за 2017-2019 гг. показала превышение ПДВ по следующим выбросам:

▪ Хром – в 2017 году – 0,00289 т/год, 2018 год – 0,00281 т/год, 2019 год – 0,00284 т/год. Превышение ПДВ выбросов хрома (VI) увеличилось за счёт производительности работ по хромированию металлических изделий.

▪ Азота диоксид – в 2017 году – 3,15008 т/год, в 2018 году – 3,14991 т/год, в 2019 году – 3,15011 т/год. Превышение ПДВ выбросов азота диоксида произошли из-за утечки газов на ГПА и при эксплуатации и ремонте ГПА.

3. В результате исследования мы предлагаем следующие рекомендации по уменьшению загрязнения вредными веществами атмосферного воздуха, выбрасываемыми источниками от предприятия ООО «Газпром трансгаз Уфа»:

– для снижения выбросов  $\text{No}_x$  мы предлагаем установить систему селективной каталитической очистки выбросов  $\text{NO}_x$  на выходе ГПА, так как эта система позволяет снизить выбросы в атмосферу на 90 % и более;

– для снижения вредных веществ при резке металлов мы предлагаем применить процесс сварки нестационарной, импульсной дугой, который отличается тем, что производит мало выбросов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемьев А.С., Звягинцева А.В. Возможности геоинформационного моделирования при прогнозировании распространения загрязняющих веществ промышленных выбросов объектов техносферы в окружающей среде // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. №11.1. С. 106-110.
2. Борисов А.А. Пылевая нагрузка электрогазосварщиков арматурного цеха // Альманах современной науки и образования. 2013. №3. С. 37-40.
3. Брунов О.Г., Солодский С.А. Физико-математическое моделирование перехода капли электродного металла в сварочную ванну // Сварочное производство. 2008. №4. С. 16-19.
4. Брунов О.Г., Федько В.Т., Солодский С.А. Перенос электродного металла при сварке с импульсной подачей сварочной проволоки // Сварочное производство. 2006. №8. С. 20-23.
5. Булаев С.А. Сжигание попутных нефтяных газов. Анализ прошлых лет и государственное регулирование // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №1. С. 202-204.
6. Бусыгина Н.В., Бусыгин И.Г. Технология переработки природного газа и газового конденсата: Учебник для высшей школы. Оренбург: ИПК «Газпром печать», 2002. 432 с.
7. Выгон Г.В., Рубцов А.С., Ежов С.С. Утилизация попутного нефтяного газа: проблема 2012 // Газовая промышленность. 2012. № 5. С. 127-130.
8. Газаров Р.А., Широков В.А., Газаров К.Р., Румянцева Н.А., Славин С.И. Новый каталитический безреагентный метод очистки оксидов азота в отходящих газах газоперекачивающих агрегатов КС // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. №1. С. 12-16.
9. Галдин В.Д. Горючие газы, добыча и транспортировка: Учебное пособие. Изд-во СибАДИ, 2006. 163 с.

10. ГОСТ Р 56164-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов при сварочных работах на основе удельных показателей. М.: 2014. 43 с.
11. Гирусова Э.В., Лопатина В.Н. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2002. 519 с.
12. Глухова М.Г. Экономическая оценка возможных последствий аварий на магистральных нефтепроводах // Современные проблемы и перспективы регионально-отраслевого развития. 2014. №4. С. 31-36.
13. Денeko Ю.В. Экология и охрана окружающей среды: настоящее и будущее // Газовая промышленность. 2013. №7. С. 19-23.
14. Зверева И.Н., Картунов А.Д., Платов С.И., Михайлицын С.В., Шекшеев М.А. Электроды для ручной дуговой сварки в нефтегазовом комплексе // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2015. №1. С. 92-95.
15. Кирюшин П.А., Книжников А.Ю., Кочи К.В., Пузанова Т.А., Уваров С.А. Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России // Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2013. 88 с.
16. Колесникова С.А., Бармин А.Н. Состояние воздушной среды в районах освоения крупных месторождений углеводородного сырья // Геология, география и глобальная энергия. 2011. №2 (41). С. 232-235.
17. Конторович А.Э., Коржубаев А.Г., Пак В.А., Удут В.Н., Довгань А.В., Филимонова И.В., Эдер Л.В. Гелий: состояние и перспективы // Нефтегазовая вертикаль. 2005. №7. С. 52-55.
18. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: Учебник для вузов. СПб.: Недра. 2008. 488 с.
19. Кочеткова В.С., Смирнов Б.Ю. Каталитического восстановление оксидов азота в отходящих дымовых газах // Академический журнал Западной Сибири. 2016. №3 (36). С. 67-69.

20. Крейнин Е.В., Евергетидова А.С., Хрусталеv С.А., Набиуллин Р. Х. Сухая селективная очистка отходящих газов ГТУ // Газовая промышленность. 2007. №11. С. 62-65.
21. Кузнецов А.М., Савельев В.И., Бахтизина Н.В. Мировой рынок природного газа: современные тенденции и перспективы развития // Вестник Московского государственного института международных отношений. 2012. №1. С. 273-277.
22. Кузнецов И.Е. Гигиенические аспекты охраны атмосферного воздуха в регионах размещения газовых комплексов // Уфимский НИИ медицины труда и экологии. 1996. С. 20-22.
23. Кунина П.С., Павленко П.П., Величко Е.И. Диагностика энергетического оборудования трубопроводного транспорта: монография. Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2010. 552 с.
24. Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем: Учебное пособие. М.: ИЦ «ЕЛИМА», 2004. 1104 с.
25. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. М.: 2003. 36 с.
26. Мытарева А.И., Бокарев Д.А., Баева Г.Н., Криворученко Д.С., Белянкин А.Ю., Стахеев А.Ю. Композитные катализаторы процессов селективного каталитического восстановления  $\text{NO}_x$  и окисление остаточного  $\text{NH}_3$  // Нефтехимия. 2016. №3. С. 228-233.
27. Научно-техническая политика ОАО «Газпром» в области газоперекачивающей техники (утв. Председателем Правления 20 октября 2009 г. № 01-110).
28. ОАО «Газпром». Экологический отчет. 2017 // Газпром URL: <https://www.gazprom.ru/f/posts/85/227737/gazprom-environmental-report-2017-rus.pdf> (дата обращения: 07.04.2020).

29. Олейник К.А., Экологические риски хозяйственной (предпринимательской) деятельности: сущность, основные виды // Управление риском. 2000. №3. С. 42–44.
30. Остроумова Е.Г. Строительство и ремонт нефтяных и газовых трубопроводов // Газовая промышленность. 2014. №6. С. 82-84.
31. Постановление Правительства РФ от 08.01.2009 №7 (ред. От 08.11.2012) «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках».
32. Потапова Е.А., Кирюшкина А.Н. Инновационное развитие нефтегазового комплекса как необходимое условие сохранения экологической безопасности страны // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. №2 (23). С. 275-279.
33. РД. 153-34.1-02.316-99 «Методика расчета выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций».
34. РД. 34.02.304-95 «Методические указания по расчету выбросов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций».
35. Репин В.Н., Стеценко А.А., Стеценко О.А. Обеспечение безопасной эксплуатации компрессорного оборудования // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. 2011. №3. С. 5-7.
36. Сазонова С.А. Оценка надежности работы гидравлических систем по показателям эффективности // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. №1. С. 37-39.
37. Сведения об охране атмосферного воздуха по форме №2-ТП (воздух) ООО «Газпром трансгаз Уфа» за 2017-2019 гг.
38. Смирнов Б.Ю. Об очистке газовых выбросов от оксидов азота // Альманах современной науки и образования. 2012. №5 (160). С. 124-126.
39. Смирнов Б.Ю. Термодинамический анализ восстановления оксидов азота в отходящих дымовых газах // Академический журнал Западной Сибири. 2015. Том 11. №1 (56). С. 122-123.

40. Солодский С.А. Разработка автоматизированной системы для сварки в  $\text{CO}_2$  с импульсной подачей сварочной проволоки и модуляцией сварочного тока. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Южно-Уральский государственный университет. 2010 г. №14. С. 41-43.
41. Спецов Е.А., Мальцева Н.В., Парфенова Л.В. Хемосорбционная – каталитическая очистка воздуха рабочей зоны от оксидов азота сварочных аэрозолей // Перспективное развитие науки, техники и технологий. 2011. №7. С. 227-228.
42. СТО Газпром 11-2005 «Методические указания по расчету валовых выбросов углеводородов (суммарно) в атмосферу в ОАО «Газпром».
43. Тагиров К.М. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин. М.: Academia. 2012. 336 с.
44. Татаринцев С.А., Бармин А. Н., Колчин Е.А., Шувалев Н.С., Татаринцева А.Ю. Комплексная оценка эколого-экономического риска воздействия на окружающую среду // Геология, география и глобальная энергия. 2014. №2 (53). С. 85-93.
45. Урясьев О.М., Рогачиков А.И. Роль оксида азота в регуляции дыхательной системы // Наука молодых – ERUDITIO JUVENIUM. 2014. №2. С. 134-139.
46. Филимонова И.В., Эдер Л.В., Мамахатов Т.М., Шмидт А.П. Независимые производители газа в структуре современной газовой отрасли России // Экологический вестник России. 2016. №5. С. 4-11.
47. Чабала Л.И., Чабала В.А., Звягинцева А.В. Экологическая безопасность человека // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. №2. С. 100-102.
48. Череповицын А.Е., Пешкова Г.Ю. Методический подход к формированию стратегических программ освоения месторождений полезных ископаемых местного значения // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. №5 (50). С. 148-151.



49. Черкаев Г.В., Дрягина Д.Р., Никонова Р.А., Корнилова А.С. Проблемы учета и нормирования выбросов парниковых газов объектами газовой отрасли // Современные инновации: достижения и перспективы III тысячелетия / Сб. ст. По материалам VII Международной научно-практической конференции. М.: Изд. «Проблемы науки», 2017. С. 11-14.
50. Чудаков Г.М., Иванов М.Г. Развитие систем газоснабжения и способы их решения // Нефть, газ и бизнес. 2014. №10. С. 3-7.
51. Шахвердиев А.Х., Денисов А.В. Проблемы рационального использования попутного нефтяного газа // Вестник РАЕН. 2011. №5. С. 55-60
52. Эдер Л.В., Проворная И.В., Филимонова И.В., Дементьев А.П. Обеспеченность трубопроводным транспортом регионов мира: методические подходы, сравнительные оценки, возможности России // Наука и техника транспорта. 2017. №2. С. 102-112.
53. Ягодин Г.А., Пуртова Е.Е. Устойчивое развитие: человек и биосфера: Учебное пособие. 2013. 108 с.
54. Bakke J.R., Wingerden van K., Hoorelbeke P., Brewerton B. A study on the effect of trees on gas explosions // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2010. №23 (6). P. 878–884.
55. Cherepovitsyn A.E., Tsvetkov P.S. Methodical approach to evaluation of the Russian peat deposits exploitation attractiveness based on geology-technological criteria // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016.Т.11. №7. P. 5072-5078.
56. Fadeev A.M., Cherepovitsyn A.E., Larichkin F.D., Egorov O.I. Economic features of projects on the hydrocarbon shelf deposits development // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2010. № 3 (11). P. 53-64.
57. Kontorovich A.E., Eder L.V., Filimonova I.V. Paradigm oil and gas complex of Russia at the present stage // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (см. В книгах). 2017. Т.84. С. 012010. P. 2-4.

58. Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lcp\\_bref\\_0706.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lcp_bref_0706.pdf) (дата обращения: 11.04.2020).

59. Vyboldina E., Cherepovitsyn A., Fedoseev S., Tsvetkov P. Analysis of export restrictions and their impact on metals world markets // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Т. 9. №5. P. 1267-1269.

60. URL: [www.gazprom.ru](http://www.gazprom.ru) (дата обращения 27.04.2020)

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

КС – компрессорные станции  
ПДК – предельно допустимая концентрация  
ГПА – газоперекачивающие агрегаты  
ЗВ – загрязняющие вещества  
ТЭК – топливно-энергетический комплекс  
ОАО – открытое акционерное общество  
ЕСГ – единая система газоснабжения  
КПД – коэффициент полезного действия  
ISO – International Organization for Standardization  
ПНГ – попутный нефтяной газ  
СПГ – сниженный природный газ  
КПГ – компримированный природный газ  
МГ – магистральный газопровод  
ГРС – газораспределительная станция  
ППР – планово-предупредительный ремонт  
АЗС – автозаправочная станция  
ПГБ – пункт газорегуляторный блочный  
ЦТПП – цех технологической подготовки производства  
ПДВ – предельно допустимый выброс  
СКВ – селективное каталитическое восстановление  
САУ – системы автоматического управления  
ИПСИ – импульсивная подача сварочной проволоки

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение №1

Коэффициенты, учитывающие влияние различных факторов на концентрацию бенз(а)пирена в продуктах сгорания.



Рис. 2.1. Зависимость  $K_d$  от относительной нагрузки котла.

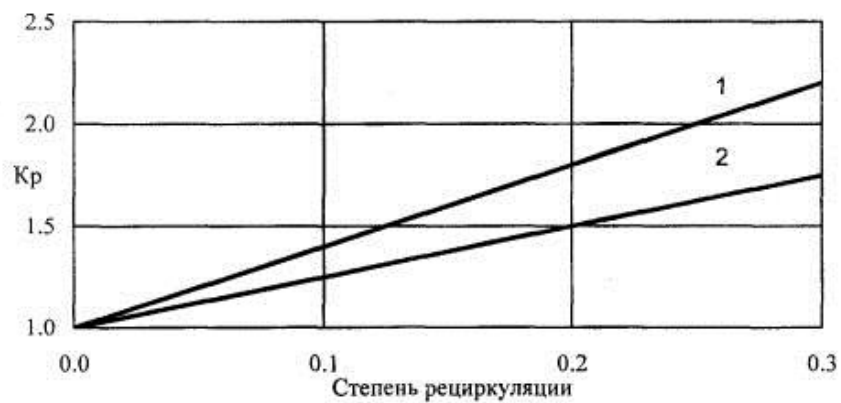


Рис. 2.2. Зависимость  $K_p$  от степени рециркуляции.

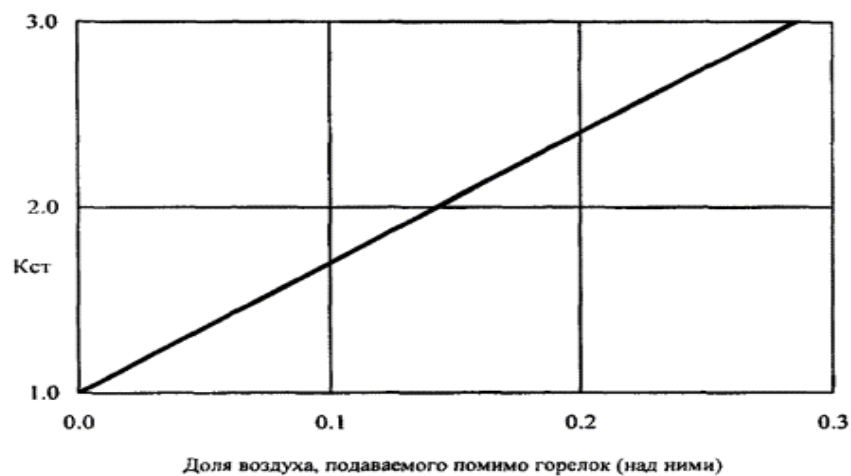


Рис. 2.3. Зависимость  $K_{ст}$  от доли воздуха, подаваемого помимо горелок.