

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (бакалавриат) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и
продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Применение детандер–генератора для повышения ресурсоэффективности газораспределительной станции магистрального газопровода»

УДК 621.592.3:622.691.4-045.52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Патракеев В.О.		01.06.2018

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чухарева Н. В.	к.х.н		01.06.2018

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Ю.С.			28.05.2018

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н.С.			30.05.2018

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		01.06.2018

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1,ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, УК-3,УК-4, УК-5,УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3,ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7,ПК-8,ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16,ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромышленного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК20, ПК-21, ПК-22).</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с),(ЕАС-4.2-e).</i>
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
P9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9,ПК-14),требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		<i>магистральных газопроводов".</i>
P10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
P11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (бакалавриат) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и
 продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

 (Подпись) (Дата) Брусник О.В.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Патракееву Валентину Олеговичу

Тема работы:

«Применение детандер–генератора для повышения ресурсоэффективности газораспределительной станции магистрального газопровода»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.04.2018 г. № 3032/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	АГРС «Урожай-20» с. [REDACTED], [REDACTED] район, Томская область. Сырье: природный газ Технические характеристики АГРС Давление газа на входе.....5,5 МПа Давление газа на выходе..... 1,2 (0,6)МПа Пропускная способность.....20(5) тыс.м ³ /час Условный диаметр на входе.....150 мм Условный диаметр на выходе200(100)мм Потребляемая мощность.....20кВт·ч Количество линий редуцирования.....3(2)шт
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Провести аналитический обзор применения детандер–генераторных агрегатов на ГРС для повышения ресурсоэффективности. Выявить наиболее эффективные детандер–генераторные агрегаты для автономного обеспечения ГРС электроэнергией. Рассмотреть и проанализировать схемы и варианты внедрения детандер–генератора на ГРС. Выполнить технологические расчеты пропускной способности газопровода-отвода. Рассчитать затраты на выполнение реконструкции ГРС, посредством внедрения детандер–генераторного агрегата.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>-Технологическая схема АГРС «Урожай-20»; -Схема размещение ДГА в отдельном блок–боксе; -Схема размещение ДГА в технологическом отсеке; -Схема размещения ДГА на АГРС «Урожай-20»; -Схема размещения ДГА в виде блок–контейнера на АГРС «Урожай-20».</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Макашева Ю.С., ассистент</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Абраменко Н.С., ассистент</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>25.12.2017</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чухарева Н.В.	К.Х.Н.		25.12.2017

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Патракеев Валентин Олегович		25.12.2017

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Патракееву Валентину Олеговичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов для обеспечения выполнения работ по реконструкции ГРС, посредством внедрения детандер–генераторного агрегата: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материально-технические ресурсы: материалы и оборудование (3420 тыс. руб.); контрагентные услуги (1440 тыс. руб), финансовые ресурсы на реконструкцию ГРС, посредством внедрения детандера–генератора (4911 тыс. руб.); человеческие ресурсы (10 ч.): начальник участка - 1ч, электрогазосварщик - 2ч., монтажник - 4ч., электромонтёр - 2ч., специалист КИПиА - 1 ч.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочников Единых норм времени (ЕНВ).</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>На основании п. 1 ст. 58 закона № 212-ФЗ ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды составляет 30 % от фонда оплаты труда.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Расчет нормативной продолжительности выполнения работ</i>	<i>Расчет необходимого времени для проведения реконструкции ГРС, посредством внедрения детандер–генератора. Продолжительность работ – 4 дня (внедрение детандер генератора – 1 день, пусконаладочные работы – 3 дня)</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета строительных работ</i>	<i>Рассчитать: затраты на контрагентные услуги; затраты на материала и оборудования; затраты на спецтехнику; затраты на оплату; трудовозатраты на командировочные расходы; отчисления в социальные нужды Результатом формирования бюджета является составление сметного расчета работ Результатом планирования выполнения всех работ является составление графика выполнения работ.</i>

Перечень графического материала:

1. *Линейный календарный график выполнения работ*
2. *Сводный сметный расчет затрат*
3. *Структура затрат*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	07.03.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Ю.С			07.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Патракеев Валентин Олегович		07.03.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Патракееву Валентину Олеговичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><u>Объект исследования:</u> газораспределительная станция «Урожай-20» с. [REDACTED], магистрального газопровода «[REDACTED]»</p> <p><u>Предмет исследования.</u> Детандер–генераторная технология для обеспечения ресурсоэффективности газораспределительной станции малой производительности.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<p><u>Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата; – Работа с токсичными и вредными веществами; – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Недостаточная освещенность. <p><u>Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Поражение электрическим током; – Оборудование и трубопроводы работающие под давлением;
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><u>Выполнить анализ и предложить мероприятия по уменьшению воздействия выполняемых работах на:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – атмосферу, – гидросферу – литосферу – селитебную зону
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p><u>Определить возможные ЧС</u> и возможные причины их возникновения.</p> <p><u>Предложить основные мероприятия</u> по уменьшению возникновения ЧС.</p> <p><u>Определить меры и порядок</u> действия персонала ГРС при ЧС</p>

<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><u>Привести основные характерные правовые нормы</u> трудового законодательства при эксплуатации ГРС и требования специальной оценки и компенсации за вредные условия труда.</p> <p><u>Определить организацию</u> безопасного и эффективного ведения работ</p>
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	05.04.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н.С.			05.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Патракеев Валентин Олегович		05.04.2018

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (Специальности) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Уровень образования бакалавриат

Отделение нефтегазового дела

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи слушателем выполненной работы:	01.06.2018 г.
---	---------------

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.01.2018	<i>Введение</i>	5
21.01.2018	<i>Обзор литературы</i>	15
10.02.2018	<i>Характеристика объекта исследования</i>	8
18.02.2018	<i>Выбор технологического оборудования при внедрении его на ГРС</i>	5
28.02.2018	<i>Анализ сравнения технических характеристик детандер-генераторных агрегатов</i>	6
01.03.2018	<i>Компоновка, расположение и размещение детандер-генератора на ГРС</i>	5
21.03.2018	<i>Обоснование месторасположения детандер-генераторного агрегата</i>	8
01.04.2018	<i>Расчётная часть</i>	15
20.04.2018	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	9
25.04.2018	<i>Социальная ответственность</i>	9
10.05.2018	<i>Заключение</i>	6
25.05.2018	<i>Презентация</i>	9
	<i>Итого</i>	<i>100</i>

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чухарева Н.В.	к.х.н.		01.06.2018

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		01.06.2018

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

ГРС-Ч «Урожай-20»: Автоматическая газораспределительная станция с. [REDACTED] в исполнении «Урожай-20»

Магистральный газопровод «П-К»: Магистральный газопровод «[REDACTED]»

Магистральный газопровод: трубопровод, предназначенный для транспортирования природного газа из районов добычи к пунктам потребления.

Транспорт газа: подача газа из пункта его добычи, получения или хранения в пункт потребления.

Газотранспортная система: совокупность взаимосвязанных газопроводов и сопутствующих им сооружений, предназначенных для обеспечения газом потребителей.

Газопровод-отвод: часть магистрального газопровода, предназначенная для подачи газа от газопроводов магистральных до газораспределительных станций городов, населенных пунктов или отдельных потребителей.

Газораспределительная станция: комплекс сооружений газотранспортной системы, предназначенный для подачи природного газа потребителям с заданным давлением, с определенной степенью очистки и одоризации.

Производительность газопровода: количество газа, пропускаемое по

					Применение детандер–генератора для повышения ресурсоэффективности газораспределительной станции магистрального газопровода			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Патракеев В.О.		01.06.18		ДР	1	90
Руковод.		Чухарева Н. В.		01.06.18		ТПУ гр2Б4Б		
Консульт.								
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

газопроводу в единицу времени.

Редуцирование газа: снижение давления транспортируемого газа с целью перепуска его из газопровода с более высоким давлением в газопровод с более низким давлением

Детандер: устройство, преобразующее потенциальную энергию газа в механическую энергию.

Реконструкция: преобразование объекта, связанное с совершенствованием производства и повышением его технических характеристик.

Эксергия: предельное (наибольшее или наименьшее) значение энергии, которое может быть полезным образом использовано (получено или затрачено) в термодинамическом процессе с учётом ограничений, накладываемых законами термодинамики

Условные обозначения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Условные обозначения

Условные обозначения	Наименование
Q	пропускная способность газопровода-отвода, м ³ /ч
Q _{сут}	пропускная способность, млн.м ³ /сут
d _в	внутренний диаметр участка газопровода, мм
P _н	начальное давление газопровода-отвода, МПа
P _к	конечное давление газопровода-отвода, МПа
T _{гр}	среднегодовая температура грунта, °С
T _н	начальная температура газа, °С
P _{вх}	входное давление на ГРС, МПа
P _{вых}	выходное давление на ГРС, МПа

Сокращения:

ЛПУМГ – линейно-производственное управление магистральных газопроводов;

ПП – промышленная площадка;

КС – компрессорная станция;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

МГ – магистральный газопровод;

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		2

ГРС – газораспределительная станция;
ГРП – газораспределительный пункт;
РД – регулятор давления;
ДГА – детандер–генераторный агрегат;
ТДУ – турбодетандерная установка;
ТДА – турбодетандерный агрегат;
УТДУ – утилизационная турбодетандерная установка;
ТНУ – тепловая насосная установка;
ГРТ – газорасширительная турбина;
СРТ – струйно–реактивная турбина;
САУ – система автоматического управления;
БУ – блок управления;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ВРД 39-1.10-069-2002 Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов.

СТО Газпром 2-3.5-051-2006. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов.

СТО Газпром 041-2008. Газ горючий природный, конденсат газовый и продукты их переработки. Термины и определения.

СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы.

ГОСТ Р 55989-2014 Магистральные газопроводы. Основные требования.

ГОСТ 5542-2014 Газы горючие природные для промышленного и коммунального–бытового назначения.

ГОСТ 12.1.003–2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 30852.19 – 2002. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		3

электрооборудования

ГОСТ 12.2.003–91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.061-81. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам

ГОСТ 12.3.002–75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007–76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.012–2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.038–82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ 12.1.003–2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.

ПБ 03-576-2003. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		4

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 90 страниц, 29 рисунков, 20 таблиц, 64 источника.

Ключевые слова: магистральный газопровод, природный газ, газопровод-отвод, газораспределительная станция, узел редуцирования, детандер–генераторный агрегат, реконструкция, эксергия природного газа.

Объектом исследования является: Газораспределительная станция «Урожай-20» магистрального газопровода [REDACTED] в [REDACTED] Томской области.

Цель работы: Выбор наиболее оптимального детандер–генераторного агрегата для использования потенциала природного газа при редуцировании на газораспределительной станции..

В процессе исследования были проведены: аналитический обзор детандер–генераторных агрегатов применимых для газораспределительных станций различной производительности, изучение характеристик и специфики эксплуатации газораспределительной станции; выбор оптимального детандер–генераторного агрегата для использования его на ГРС-Ч «Урожай-20; проведение расчетов мощности и рентабельности применения детандер–генераторного агрегата; рассмотрение наиболее приемлемых схем внедрения детандер–генераторного агрегата на ГРС-Ч «Урожай-20».

В результате исследования: выбран более оптимальный детандер–генераторный агрегат, произведен расчет вырабатываемой мощности детандер–генератором в зависимости от расхода природного газа на ГРС с учетом изменения сезонности газопотребления, определена сметная стоимость работ при внедрении детандер–генератора.

Область применения: газораспределительные станции магистрального газопровода малой производительности.

Экономическая эффективность/значимость работы: определены экономические затраты внедрения детандер–генераторного агрегата на газораспределительную станцию малой производительности. Рассчитан период окупаемости внедрения указанной технологии.

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Применение детандер–генератора для повышения ресурсоэффективности газораспределительной станции магистрального газопровода			
Разраб.		Патракеев В.О.		01.06.18	Реферат	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		01.06.18		ДР	5	90
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

7.2	Производственная безопасность	72
7.2.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	73
7.2.2	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	76
7.3	Экологическая безопасность.....	78
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	80
7.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	81
	Заключение	83
	Список использованных источников	84

					Оглавление	Лист
						8
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

обеспечения ресурсоэффективности газораспределительной станции малой производительности.

Цель работы. Выбор наиболее оптимального детандер–генераторного агрегата для использования потенциала природного газа при редуцировании на газораспределительной станции.

Для реализации указанной цели, необходимо выполнить следующие задачи:

1. Проведение аналитического обзора по выбранной тематике выпускной квалификационной работы бакалавра;
2. Изучение характеристик объекта исследования;
3. Выбор оптимального детандер–генераторного агрегата на основе технико-эксплуатационных показателей;
4. Обоснование месторасположения детандер–генераторного агрегата в технологической схеме ГРС;
5. Расчёт пропускной способности газопровода-отвода.
6. Расчет мощности детандер–генераторного агрегата в зависимости сезонности газопотребления на ГРС;
7. Расчёт срока окупаемости внедрения детандер–генераторного агрегата на газораспределительной станции.

Практическая значимость.

Результаты выпускной квалификационной работы бакалавра могут быть использованы для решения практических задач по реконструкции ГРС.

					Введение	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

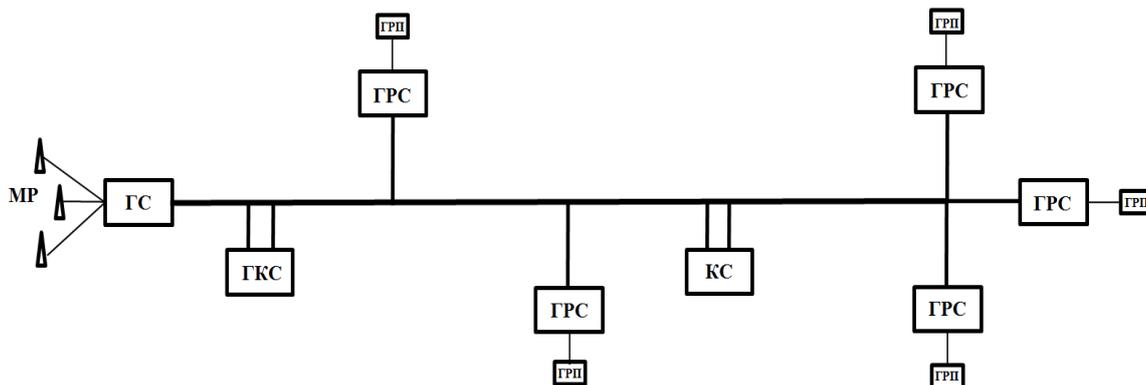


Рисунок 1 – Схема расположения ГРС и ГРП магистрального газопровода[6]

Подача природного газа в ГРС происходит при высоком давлении 5,4...7,5 МПа. Автоматическое снижение давления газа до необходимой величины и поддержание давления на необходимом уровне осуществляется в узле редуцирования.

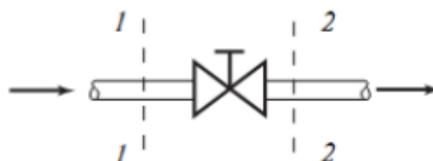
Узел редуцирования является первой ступенью снижения давления газового потока до давления 0,6...1,2 МПа. В дальнейшем, после прохождения одоризации на ГРС, природный газ поступает по производственным трубопроводам на вторую ступень понижения давления – на газорегуляторные пункты и снижается от 0,6...1,2 МПа до 0,1...0,3 МПа. После прохождения двух ступеней снижения давления газ в качестве топлива поступает непосредственно потребителю на паровые водогрейные котлы, печи и т.п.

Для снижения давления газа в узле редуцирования, согласно современным требованиям по технологии и безопасности [10-12], в большинстве случаев применяют регуляторы давления газа. При этом, чтобы отрегулировать давление, используют автоматическое изменение проходного сечения трубопровода при помощи специального дросселирующего устройства. Это позволяет для транспортируемой газообразной среды снизить высокое давление на низкое.

В процессе дросселирования природного газа происходит изменение

					Обзор литературы	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

его характеристик, таких как давление (p), температура (T), энтропия (S), а энтальпия (h) и скорость газа практически не меняются [42]. Так как процесс дросселирования является необратимым процессом ($S_2 > S_1$), то это приводит к уменьшению способности системы производить работу. Данное уменьшение называется потерей эксергии (Δe) и характеризует безвозвратно теряемый потенциал энергии природного газа (рисунок 2) [62].



- до дросселирования: $e_1 = h_1 - h_0 - T_0(S_1 - S_0)$
 - после дросселирования: $e_2 = h_2 - h_0 - T_0(S_2 - S_0)$
- Потеря эксергии: $\Delta e = e_1 - e_2 = T_0(S_2 - S_1)$

Рисунок 2 – Потеря эксергии при дросселировании природного газа [62]

Потенциал энергии газового потока характеризуемой эксергией является ресурсом, который при внедрении какого-либо устройства можно преобразовать в механическую энергию.

Данным устройством, способным заменить стандартные регуляторы давления являются детандер–генераторные агрегаты (рисунок 3) [13-16]. Детандер–генераторный агрегат состоит из двух основных частей: детандер и электрический генератор. Детандер является аппаратом расширительного действия, в котором транспортируемый природный газ является рабочим телом, но газ при этом в детандере не сжигается, а расширяется посредством понижения давления и температуры. В детандере происходит преобразование внутренней энергии газа в кинетическую энергию, которая в свою очередь преобразуется в механическую энергию работы, которая воздействует на электрический генератор и способствует тем самым получению электрической энергии.

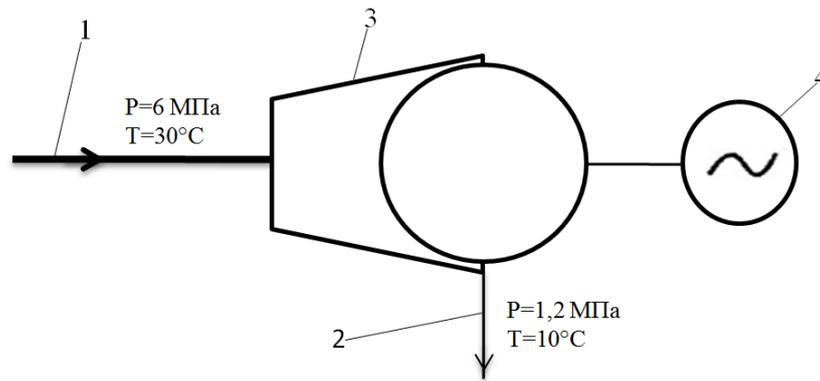


Рисунок 3 – Схема детандер–генераторного агрегата[13]:

*1– газопровод высокого давления, 2–газопровод низкого давления,
3–детандер–генераторный агрегат, 4–электрогенератор*

Данный агрегат классифицируется на два типа по принципу действия: объёмный и кинетический. К агрегатам объёмного действия относятся поршневые детандеры, а к агрегатам кинетического действия относятся турбодетандеры (ТД) или газовые расширительные турбины (ГРТ) [17 -19].

Наибольший вклад в развитие поршневого детандера внесли Давыдов А.Б. и Кобулашвили А.Ш. [20], где подробно изложили основные этапы развития, конструктивные особенности и перспективы применения данных агрегатов. Работа поршневого детандера заключается в цикличности открытия и закрытия клапанов, тем самым приводя в движения электрический генератор, посредством поршня с кривошипно-шатунным механизмом.

Основные преимущества и недостатки поршневых детандеров хорошо выделили Соколов Е.Я., Бродянский В.М [21]. Преимущества заключаются в простоте эксплуатации и регулировке, в области малых расходов, при прочих равных условиях, имеет большой КПД. Недостатки его заключаются в малой надёжности и ресурсе, а также в плохих показателях масс и габаритов на единицу производительности.

					Обзор литературы	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

В турбодетандере, в отличие от поршневого детандера, где поток газ воздействует на поршень, газовый поток преобразуется в энергию потока, который возможно использовать для получения работы. Основной принцип работы турбодетандера изложен В.И. Атрощенко [22]. Газовый поток, выполняет роль рабочего тела, осуществляющий перемещение в каналах направляющего аппарата и рабочего колеса, тем самым происходит процесс преобразования энергии в работу с одновременным понижением энтальпии. Преобразование газового потока для получения работы можно получить различными способами: активным и реактивным. В активном турбодетандере газ расширяется в неподвижном сопловом аппарате с давления p_1 до давления p_2 , и в дальнейшем воздействует на лопатки рабочего колеса, тем самым раскручивает лопаточный диск (рисунок 4а). В реактивном турбодетандере, расширение газа и падения его давления от p_1 до p_2 происходит между лопаток рабочего колеса во всей проточной части, и не нуждается в предварительном расширении перед ним (рисунок 4б).

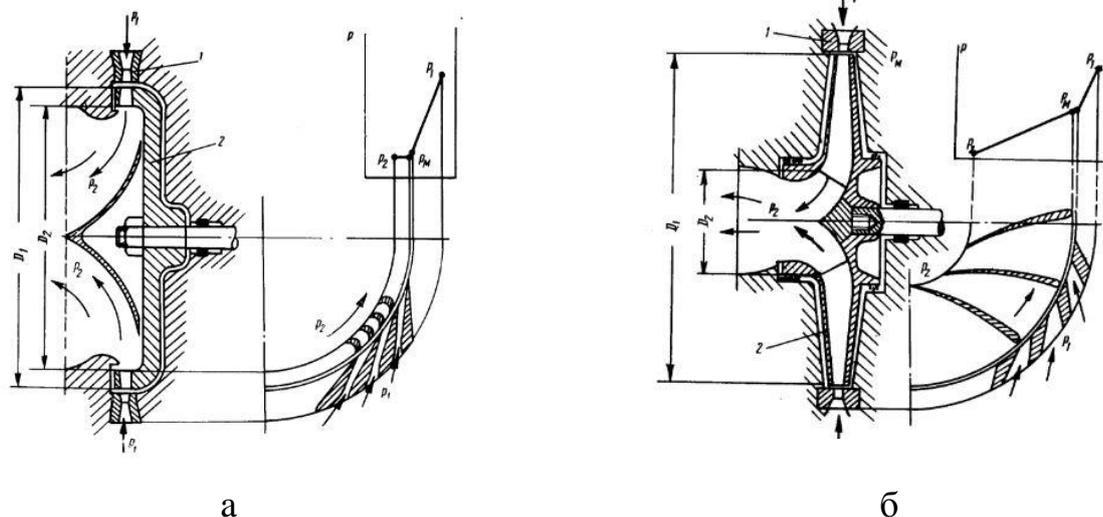


Рисунок 4 – Активный (а) и реактивный (б) турбодетандер [22]

Основные преимущества и недостатки использования турбодетандеров хорошо описали Бродянский В.М., Меерзон Ф.И. [23]. Преимущество заключается в отсутствии соприкасающихся трущихся

поверхностей или контактирующих деталей в отличие от поршневого детандера, что повышает надёжность работы. Также турбодетандер имеет значительно меньшие размеры и массу, а также на много проще в изготовлении. Недостаток турбодетандеров заключается в сравнительно малом КПД при малых объёмных расходах и большой плотности рабочего тела при малой проточность части на входе в агрегат.

Одной из серьезных проблем применения детандер–генераторных агрегатов на ГРС является понижение температуры газа до $-80\dots-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ после его расширения в агрегате. Данная температура газа недопустима по двум причинам. Первой причиной является поддержание температуры природного газа на выходе из ГРС – не ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на пучинистых грунтах не ниже 0°C для недопущения обледенения трубопроводной арматуры и надежной работоспособности оборудования (в соответствии с требованиями СТО Газпром 2-3.5-051-2006 [24]). Второй причиной является недопущение низких температур в газопроводе, при котором газ становится перенасыщен влагой (точка росы), что может вызвать образование газогидратных пробок. Согласно требованиям ГОСТ 5542-2014 [25], температура газа на выходе из ГРС должна быть выше точки росы, которая изменяется от состава транспортируемого газа и внешних климатических условия от -20 до $+20^{\circ}\text{C}$. Исходя из данных требований, нужно принципиально искать решения проблемы чрезмерного охлаждения газа.

Во всём мире уже больше 35 лет в мировом топливно-энергетическом комплексе используют энергию, получаемую вследствие перепада давления природного газа. В промышленных предприятиях США, Западной Европы, а также в других странах активным образом идёт применение детандер–генераторных агрегатов на газораспределительных станциях. Данные установленные агрегаты способны вырабатывать мощность от сотен до тысячи киловатт. Детандер–генераторные агрегаты показали себя как

					Обзор литературы	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

надежные устройства, экономически выгодные в установке и безопасные в работе, в отличие от стандартных источников энергетики. Данные агрегаты можно использовать при минимальном обслуживании персонала, что немало важно при выборе формы обслуживания газораспределительной станции.

В работах Соловьева Р.В. [26], Джураева Е.В. [27], Агабарова В.С. [28] отражается огромный вклад в развитие детандер–генераторных агрегатов. А именно тщательным образом проанализированы действующее зарубежные агрегаты и предложены различные виды использования схема подогрева.

Так, например, в Германии в Дортмунде был установлен детандер–генераторный агрегат в турбодетандером исполнении на энергоснабжающем промышленном предприятии, где подогрев газа осуществляется перед агрегатом до температуры 12 °С [26]. Расширение газа происходит последовательно в две ступени: Первая ступень от 4,9 МПа до 1,2 МПа, вторая ступень от 1,2 МПа до 0,4 МПа. Мощность данного детандер–генераторного агрегата составляет 3,2 МВт, при этом температурный перепад в устройстве изменяется от 75 °С до 12 °С.

В Италии на центральной ГРС в городе Феррары установлен двухступенчатый детандер–генератор на резервной линии, параллельно основной нитки с двойным подогревом перед каждой ступенью расширения [26-28]. Газ перед детандером равен 4,5 МПа, после первой ступени газ расширяется до 1,5 МПа, а после второй ступени имеет конечное давление 0,48... 0,52 МПа в зависимости от времени года. Газ при этом подогревается перед первой ступенью детандера и перед второй и равен 62,7 °С и 61 °С соответственно. Данное внедрение себя успешно зарекомендовало, так как агрегат производит электрическую энергии равную 70% от количества тепла, затрачиваемого на подогрев газа, что является около в 2 раз эффективнее тепловой станции.

					Обзор литературы	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Большой вклад в развитие детандер–генераторных агрегатов на территории СНГ внёс Моисеев С.К. [29]. Первый на территории СНГ детандер–генератор УТДУ-2500 производства компании ПАО «Турбогаз» начал эксплуатироваться в ЛПУМГ ООО «Харьковтрансгаз» на ГРС–7 с 1991 года [30]. Расширение газа в данном агрегате происходит с 2,2 МПа до 1,0 МПа, при этом температурный перепад составляет 58°С [с 60 °С до 2 °С]. При данном перепаде агрегат выдают мощность 2,5 МВт. В настоящее время ПАО «Турбогаз» активно внедрило турбодетандерные энергетические установки номиналом 4 МВт на ГРС г. Одесса, г. Запорожье, г. Северодонецк и номиналом 2.5 МВт на ГРС-2 г. Новолукомль и на ТЭЦ-5 в г. Минске.

В Российской Федерации опыт использования детандер–генераторов не велик. В работе Кудрявый В.В, Гуськов Ю.Л., и др. [31] проведены отчеты тестовых испытаний детандер–генераторного агрегата ТЭЦ-21 АО «Мосэнерго». Два блока ДГА номиналом 100кВт были установлены на ГРС «Южная» в 1995 году. Всю электрическую энергию, вырабатываемую на данной ГРС, детандер–генераторами направляли в электросеть «Мосэнерго», при этом не нарушалась технология понижения давления газа, и температурного режима.

Детандер–генераторные агрегаты можно разделить на две группы по количеству вырабатываемой мощности (рисунок 5): 1) Агрегаты с мощностью 5...30 кВт идеально подходят для обеспечения собственных нужд ГРС, 2) Агрегаты с мощностью более 30 кВт подходят как для обеспечения электроэнергией ГРС, так и для продажи сторонним потребителям.

					Обзор литературы	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



Рисунок 5. Реализация вырабатываемой электроэнергии ДГА

Как уже отмечалось ранее, одной из проблем применения ДГА на ГРС является чрезмерное охлаждение газа после агрегата. Данная проблема в основном касается ДГА большой мощности, так как в данных агрегатах газ расширяется с совершением большого количества внешней работы (выработки электроэнергии), в следствии газ сильнее переохлаждается. Для устранения данной проблемы газ необходимо подогревать.

Исходя из данных [32-35] за последние годы, предложены различных варианты применения детандер–генераторных агрегатов с использованием различных схем применения подогрева газа. Существуют различные источники подогрева газа до или после детандера, и различные модификации источника теплоты для нагрева.

Известны схемы подогрева газа после детандер–генераторного агрегата. Так Аркелян Э.К. [32] предложил подогревать газ после агрегата при помощи тепла циркуляционной воды. Им был предложен способ, где природный газ также подогревается после детандера, при помощи воздуха или воды, благодаря энергии, полученной после него. Недостатком этого изобретения является недопустимо низкие температуры в детандере и после него, негативно влияющие на работу агрегата.

Существуют схемы подогрева газа перед детандер–генераторным агрегатом. В работе Агабаров В.С., Джураева Е.В., Корягин В.А. и др. [33] приведенная схема с использованием теплообменника для подогрева газа при

					Обзор литературы	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		19

помощи энергии, полученной в результате сжигания газа в отдельном устройстве (котёл). В изобретении В.Н. Шпак [34] и полезной модели Гурова В.И., Губанок И.И., Макарова В.Г. [35] разработаны схемы подогрева газа с использованием теплообменника–утилизатора, в котором газ нагревается парами, выходящими из газотурбинного двигателя и теплообменника–регенератора, в котором газ нагревается выходящими газами из ДГА. Данные способы имеют существенный недостаток–сжигание топлива, что влияет на экологию.

Исправить данный недостаток предложил Кожиченков В.С. [36] за счёт внедрения другой схемы, используя перед детандер–генератором теплонаосную установку. Насосная установка может быть исполнена в двух различных модификациях: воздушная (ВТНУ) и парокompрессионная (ПТНУ). В данных установках источником теплоты выступает атмосферный воздух, который нагревается либо при помощи сжатия в компрессоре механическим путём в ВТНУ, либо с помощью хладагента в ПТНУ.

Использование ВТНУ с одной ступенью подогрева природного газа недостаточно для поддержания заданной температуры, что ведёт к нарушению технологического процесса, и тем самым отдачи в сеть малой электроэнергии. Увеличением ступеней ВТНУ ведёт к увеличению стоимости оборудования.

Наиболее перспективным методом использования насосной установки в этом случае выглядит использование ПТНУ, который включает в себя испаритель, пароохладитель, компрессор, электродвигатель. Эффективность данного метода объяснили Урванов С.В., Кондрашова Ю.Н., Газизова О.В., Скворцов Д.С [37]. Подогрев газа заключается в том, что часть вырабатываемой энергии детандера подается на электродвигатель привода компрессора ТНУ, а часть также уходит в электрическую сеть. Давление и температура хладагента в компрессоре повышается до необходимой

					Обзор литературы	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

величины и направляется в пароохладитель, где и происходит нагрев газа, за счёт охлаждения хладагента или теплоты его конденсации.

Что касается второй группы агрегатов с мощностью 5...30 кВт, то они являются наиболее перспективными в развитии газотранспортной системы, так как преобладающее количество ГРС в России являются станциями малой производительности (до 90%) [11]. На ГРС с малым расходом природного газа (1...50 тыс. м³/ч) невозможно рассматривать выработку электроэнергии для продажи сторонним потребителям, из-за невозможности выработки энергии такой мощности. В связи с этим стоит вопрос о возможности выработки энергии для обеспечения собственных нужд.

Компания ООО «ФлуитекСистемз» [38] предлагает использовать детандер–генераторные агрегаты с струйно–реактивной турбиной (СРТ), которые способны вырабатывать электроэнергию от 50 до 500 кВт при расходе газа 5...8 тыс. м³/ч. Подогрев газа в данном агрегате осуществляется при помощи стандартные подогревателей газа, установленных на ГРС. Данный способ подогрева является достаточным для соблюдения всех требований и норм транспортировки природного газа.

Научно–техническая компания ООО «НТЛ» разработали турбодетандерную установку ТДУ-3 и ТДУ-5 номиналом 3 и 5 кВт соответственно, при расходе газа 1,6 тыс. м³/ч [39]. Отличительным преимуществом данной установки является отсутствие необходимости подогревать газ. К недостаткам можно отнести малую мощность вырабатываемой электроэнергии, что является ограничением для использования данной установки на ГРС с потребляемой электроэнергией более 5 кВт.

Наиболее перспективную детандер–генераторную установку предложили использовать группа компаний Турбосфера: ООО ИНЦ «ЭнергоТех» и ООО «ТурбоЭнерджи» [40]. Эффективность данной

					Обзор литературы	Лист
						21
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

установки заключается в способность работать в широком диапазоне расходов и давлений газа, сохраняя при этом качество генерируемой электроэнергии и технологические нормы транспортируемого газа. Осуществляется это при помощи уникальной конструкции агрегата, в котором реализована схема многоступенчатого расширения газа на одном рабочем колесе с его промежуточным подогревом, посредством встроенного теплообменника–нагревателя.

Таким образом, проведенный литературный анализ, свидетельствует о том, что применение детандер–генераторных агрегатов на газораспределительных станциях является приемлемой технологией для повышения ресурсоэффективности не только ГРС, но газотранспортной системы в целом. Но тем, не менее, в настоящее время, остается открытым вопрос о выборе наиболее оптимальных технических устройств для решения указанной задачи, так как требуется индивидуальный подход к каждой ГРС с учетом ее специфических особенностей.

					Обзор литературы	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

(рисунок 6) обозначено какие ГРС входят в подчинение данных ПП.

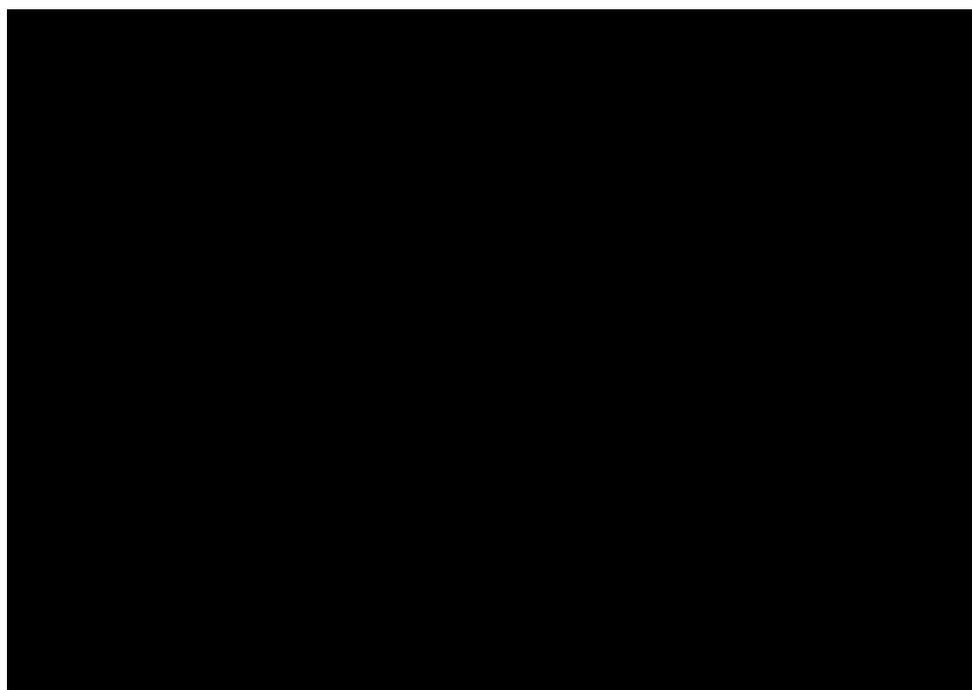


Рисунок 6 – Структура ГРС [REDACTED] ЛПУМГ ООО
« [REDACTED] »

2.2 Исполнение ГРС «Урожай-20»

Конструктивное исполнения ГРС-Ч имеет наименование «Урожай-20». Все оборудование ГРС располагается в блочном исполнении в двух отдельных блок-зданиях северного исполнения, которые при монтаже устанавливаются на единый фундамент (рисунок 7). Каждый блок имеет единую несущую раму и усиленный металлический каркас, стены и крыши при этом с двух сторон обшиты металлическими листами с теплоизолирующим материалом. Трубопроводы и оборудования крепятся непосредственно к раме и элементам каркаса каждого отсека. Блок-здания стыкуются и горизонтируются между собой, согласно требованиям завода-изготовителя, для дальнейшей правильности прокладки межблочных

					Характеристика объекта исследования	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

коммуникаций. В результате образуется единый блочный комплекс ГРС, разделенный внутри первого блок-здания на 3 отсека и второго блок-здания на 4 отсека (рисунок 8).



Рисунок 7 – Типовое блок-здание блочной ГРС

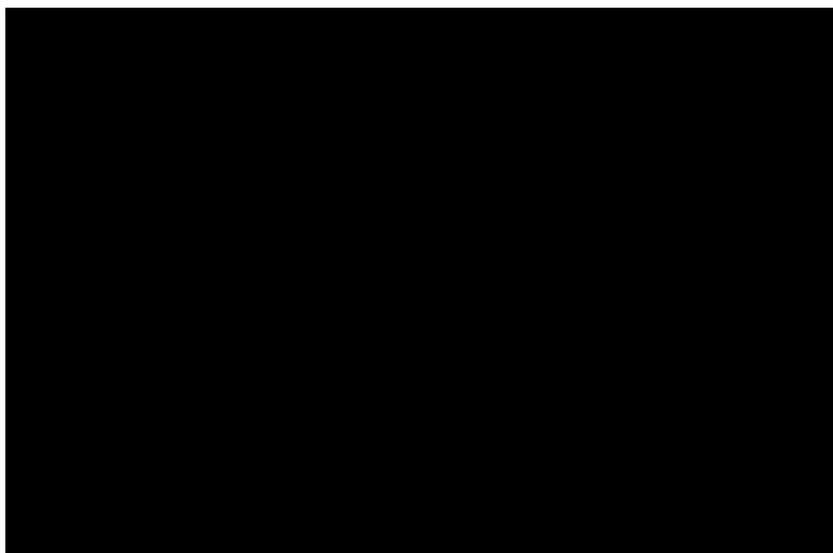


Рисунок 8 – Схема размещения отсеков ГРС-Ч «Урожай-20»

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		25

2.3 Состав ГРС

ГРС-Ч «Урожай-20» состоит из двух блок-зданий.

В состав первого блок-здания входит:

1. Отсек управления (операторная).

В отсеке управления размещены узел связи, система автоматизированного управления ГРС (САУ ГРС), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТПУ ГРС), узел аварийно-предупредительной сигнализации, электропит, автоматизированное рабочее место оператора (АРМ) (рисунок 9).

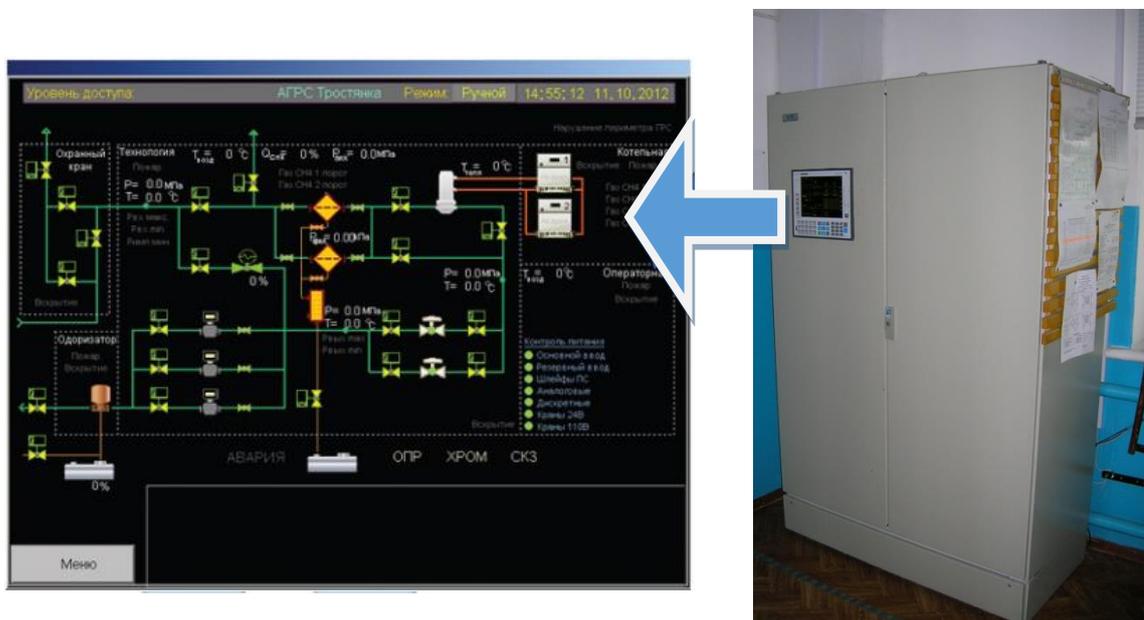


Рисунок 9– Типовое автоматизированное рабочее место оператора ГРС марки СТН-3000 производства «Атланттрансгазсистема»

Операторная предоставляет такие возможности:

- Отображение информации телеизмерений
- Визуализация сигнализаций
- Телеуправление кранами
- Ввод параметров для вычисления расхода газа

2. Отсек подготовки теплоносителя.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		26

Данный отсек предназначен для подогрева жидкости теплоносителя в системе отопления для обогрева помещений, а также системы подогрева газа, в районах с умеренным, холодным и арктическим климатом и в зонах сейсмической активности.

Отсек представляет собой готовое заводское изделие, включающее в себя котловое, насосное оборудование, горелки, приборы КИПиА, оснащенное системой автоматизации, в которую входят следующие функции:

- Измерение температуры теплоносителя на выходе из котла;
- Сигнализация режимов работы и состояния котлов в отсеке;
- Измерение давления газа на входе и выходе к котлам;
- Измерение расхода газа на котлы в отсеке.

Конструктивно отсек подготовки теплоносителя ГРС-Ч «Урожай-20» выполнен на базе 4-х котлов «КС-Г-100» (рисунок 10). В летний период к работе подключаются 1-2 котла, в зимний период в работе задействованы 2-3 котла, а 4-ый выполняет функцию резервного, в случае выхода из строя какого-либо из котлов.



Рисунок 10– Типовой газовый котёл отсека подготовки теплоносителя ГРС-Ч «Урожай-20»

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		27

3. Отсек технологический.

В технологическом отсеке ГРС-Ч «Урожай-20» конструктивно размещено сразу несколько важных узлов станции: узел редуцирования, узел очистки газа, узел предотвращения гидратообразований, узел подготовки газа на собственные нужды.

- Узел редуцирования предназначен для снижения и автоматического поддержания давления газа, подаваемого в производционный трубопровод, независимо от расхода газа.

На данной ГРС редуцирование идёт на два производционных трубопровода в с. [REDACTED] и в с. [REDACTED]. На с. [REDACTED] узел оснащен двумя нитками редуцирования одинаковой производительности для защиты потребителей от недопустимого давления (+/-) 10% от заданного. На с. [REDACTED] узел оснащён двумя нитками редуцирования одинаковой производительностью и резервной ниткой (рисунок 11).



Рисунок 11 – Схема редуцирования газа ГРС-Ч «Урожай-20»

- Узел очистки газа служит для предотвращения попадания примесей и жидкостей в технологические газопроводы, оборудования, и

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		28

различных средств контроля и автоматики на ГРС и у потребителей.

На ГРС-Ч «Урожай-20» представлен узел очистки газа в виде двух типовых фильтров-сепараторов (ФС), обводной линии и отдельной емкости для сбора конденсата расположенной вне блок-зданий подземно (рисунок 12).



Рисунок 12 – Типовой узел очистки газа ГРС-Ч «Урожай-20»

- Узел предотвращения гидратообразований предназначен на ГРС для предотвращения обмерзания трубопроводной арматуры и образования кристаллогидратов в газопроводах, оборудованях станции и КИПиА. В практики эксплуатации ГРС встречаются два метода предотвращения гидратообразований: подогрев газа с помощью подогревателей и ввод метанола в газопроводные коммуникации. В последнее время идёт политика улучшения условий техники безопасности на промышленных площадках, вследствие этого всё больше и больше предприятий отказываются от использования ментальных установок и отдают предпочтения газовым подогревателям (ПГ).

На ГРС-Ч «Урожай-20» установлен подогреватель природного газа ПГ газо-водяного типа с нержавеющей трубным пучком. Подогрев газа осуществляется посредством нагрева теплоносителя (вода+диэтиленгликоль)

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		29

до расчетной температуры в отсеке подготовки теплоносителя, который, в свою очередь, нагревает газ, проходя через U-образный трубный пучок в кожухотрубчатом теплообменнике (рисунок 13).



Рисунок 13– Типовой узел предотвращения гидратообразований ГРС-Ч «Урожай-20»

- Узел подготовки газа на собственные нужды предназначен для снижения и автоматического поддержания низкого давления газа для собственных нужд (водогрейных котлов, газовых отопительных аппаратов), а также для автоматической защиты оборудования собственных нужд от недопустимого давления.

На ГРС-Ч «Урожай-20» данный узел компактно размещается в ГРПШ-10МС (газорегуляторный пункт шкафной 10МС) и состоит из следующих элементов: шаровые кран, регулятор давления РДКГ-10М, напоромер с предохранительно-сбросным клапаном низкого давления КПС-Н и байпасной линии (рисунок 14).

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		30

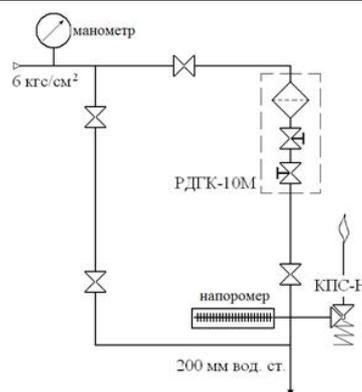


Рисунок 14 – Типовой узел подготовки газа на собственные нужды ГРС-Ч «Урожай-20»

В состав второго блок-здания входит:

1. Отсек переключений ГРС предназначен для отключения ГРС от газопровода-отвода и выходных газопроводов, а также для переключения потока газа высокого давления с автоматического на ручное регулирование давления газа по обводной линии.

В составе отсека переключения ГРС-Ч «Урожай-20» функционально входят следующие узлы: байпас (обводная линия), продувочная линия для стравливания газа от охранного крана до ГРС, предохранительные клапана (СППК) для защиты потребителей от кратковременного повышения давления, входной и выходной краны ГРС для отключения ГРС и потребителей от подачи газа (рисунок 15).



Рисунок 15 – Типовой отсек переключения ГРС-Ч «Урожай-20»

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		31

1. Отсек расходомерный предназначен для учёта подаваемого газа потребителю на ГРС. На ГРС-Ч «Урожай-20» представлен гидродинамический метод учёта газа, основанный на переменном перепаде давления на сужающем устройстве (диафрагме).

Данный метод основан на трех преобразователях: первичный преобразователь (диафрагма) размещен на производционном трубопроводе вне блок-здания, вторичные преобразователи (датчики температуры, перепада давления, давления) размещены до и после диафрагмы на производционном трубопроводе, конечный преобразователь (вычислитель SuperFLO) размещен в блок-здании в расходомерном отсеке (рисунок 16).



Рисунок 16 – Типовой отсек расходомерный ГРС-Ч «Урожай-20»

1. Топочная предназначена для отопления производственных и бытовых помещений ГРС.

На ГРС-Ч «Урожай-20» топочная представлена в виде двух котлов (основной+резервный) ОГВ-11,6 предназначенных для отопления соседних отсеков блок-здания №2, а именно отсека переключения, отсека одоризации, отсека расходомерного. На котлы поступает газ низкого давления от узла подготовки газа на собственные нужды и подается на горелку, которая, в свою очередь, нагревает воду, которая циркулирует по производственным

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		32

помещениям блок-здания №2 (рисунок 17).



Рисунок 17 – Типовая топочная ГРС-Ч «Урожай-20»

1. Отсек одоризации.

Узёл одоризации газа предназначен для придания газу резкого неприятного запаха для своевременного обнаружения утечек газа у потребителя и на оборудовании после ГРС. Одорируют газ специальным веществом (этилмеркаптаном) в пропорции не менее 16 г на 1000 м³ различными установками, такими как капельные, фитильные и барботажные.

На ГРС-Ч «Урожай-20» одоризация газа происходит капельными установками на двух продукционных трубопроводах. Капельные установки расположены в отсеке одоризации и состоят из расходной ёмкости, мерного стекла, капельницы, игольчатого вентиля, эжектора и нейтрализатора паров (рисунок 18). Также вне узла одоризации на платформе расположена общая ёмкость хранения одоранта для двух капельных установок.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		33



Рисунок 18 – Типовой узел одоризации ГРС-Ч «Урожай-20»

2.4 Технические характеристики ГРС

Таблица 1 – Технические характеристики ГРС-Ч «Урожай-20»

Наименование параметра		Значение
Расчётная пропускная способность, м ³ /ч	С. █████	████
	С. █████	████
Давление газа на входе, МПа		████
Давление газа на выходе, МПа	С. █████	████
	С. █████	████
Температура газа на входе, °С		████
Температура газа на выходе, °С		████
Диаметр трубопровода входной, мм		████
Диаметр трубопровода выходной, мм	С. █████	████
	С. █████	████
Потребляемая мощность, кВт·ч		████
Температура окружающей среды, °С		████
Редуцирование газа	С. █████	████████████████
	С. █████	████████████████
Аварийная сигнализация		██



Рисунок 19 – ДГА «ТурбоСфера» производства ООО «ТурбоЭнерджи» [40]

Одна из модификаций ДГА «Турбосфера» предназначена для непосредственного использования агрегата для автономного бесперебойного энергоснабжения ГРС. В состав данной установки входит: ДГА «Турбосфера», система подвода газа, система рекуперации электроэнергии, система аккумулирования, аварийный дизель–генератор и при необходимости блок-контейнер.

В данной системе использован абсолютно новый подход к конструированию подобных агрегатов. Установка сочетает в себе одновременно турбину, теплообменники электрогенератор (рисунок 20).

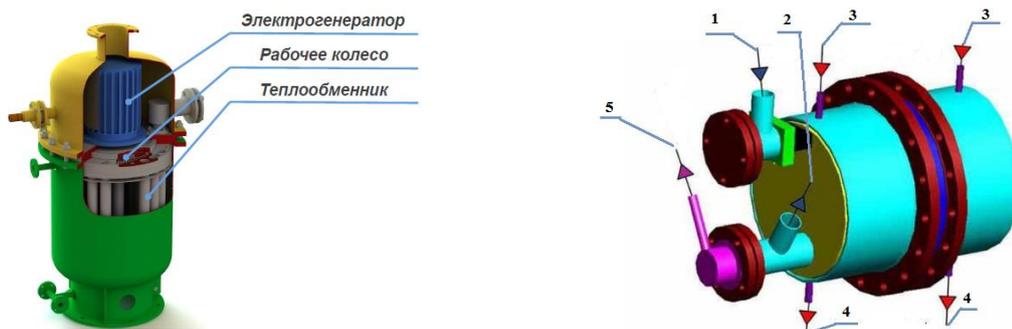


Рисунок 20. ДГА «ТурбоСфера» в разрезе:

1–вход рабочего тела высокого давления; 2–выход рабочего тела низкого давления; 3–вход теплоносителя; 4–выход теплоносителя; 5– отвод электрокабелей [40]

					Выбор технологического оборудования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		36

В ДГА «ТурбоСфера» всего одно рабочее колесо. За счёт подвода рабочего тела через каналы теплообменника, происходит многоступенчатое расширение потока газа. Это возможно за счет подвода рабочего тела от одной ступени к другой через каналы теплообменника. В них осуществляется подогрев газа между ступенями. Рабочее тело движется многократно по круговой спирали внутри труб теплообменника, которые образуют сферическую поверхность. Снаружи каналы омываются греющим теплоносителем.

Рабочее тело в процессе расширения охлаждается на некоторую температуру, соответственно в теплообменнике между ступенями необходимо его нагреть на такую же температуру. Многоступенчатый подвод теплоты позволяет нагревать поток газа не сразу, сообщив ему большое количество теплоты, а постепенно. Поэтому достаточно низкотемпературного теплоносителя – это может быть даже холодная водопроводная вода с температурой от 10 °С.

ДГА «ТурбоСфера» не имеет редуктора, что значительно уменьшает ее массогабаритные показатели. Электрогенератор располагается внутри корпуса турбины.

Основные преимущества применения:

1) Оригинальность и простота конструкции, в которой главным образом присутствуют стандартные элементы, узлы и детали местного производства, что исключает зависимость от импорта;

2) Применения общепромышленных асинхронных генераторов и подшипниковых узлов с консистентной смазкой, а также отсутствия динамических уплотнений.

3) Относительной простоты конструкции, за счет минимизации количества деталей и элементов, а также тихоходности турбогенератора (синхронная частота вращения ротора - 3000 об/мин).

					Выбор технологического оборудования	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

4) Многоступенчатое расширения газа на одном рабочем колесе с возможностью промежуточного подогрева газа в процессе расширения посредством встроенного теплообменника-нагревателя, используя тепло с узла подогрева теплоносителя.

3.1.2 Технические характеристики детандер–генераторной агрегата

Таблица 2 – Технические характеристики ДГА «ТурбоСфера»

№ п/п	Наименование характеристики	ТурбоСфера
1	Максимально рабочее давление, МПа	0,6/1,2/5,4/6,3
2	Номинальное рабочее давление газа, МПа	0,2 - 6,3
3	Номинальное выходное давление газа, МПа	0,01 - 1,2
4	Расход газа при номинальном режиме нагрузки, м ³ /час	1250
5	Диапазон расхода газа, м ³ /час	500 - 40000
6	Температура рабочей среды за ТГ, не ниже °С	0
7	Рабочее давление теплоносителя, не более, МПа	0,4
8	Температура теплоносителя на входе в ТГ, не менее, °С	30
9	Генерируемая электрическая мощность, кВт	5 - 400
10	Номинальное напряжение, кВ	0,4
11	Номинальная частота, Гц	50
12	Габаритные размеры, мм	600x600x600
13	Номинальная синхронная частота вращения вала ТГ, об/мин	3000

3.2 Детандер–генераторный агрегат ТДА–СРТ

ТДА-СРТ–электрогенераторный агрегат на базе струйно–реактивной турбины предназначен для выработки электрической энергии путём утилизации энергии давления природного газа при его редуцировании в струйно-реактивной турбине (СРТ) и преобразования в механическую работу на валу электрогенератора (рисунок 21). Разработан и изготавливается предприятием: ООО «Флуитексистемз» г. Сумы, Украины, представительство в Российской Федерации предприятие: ООО «Флуитек Рус» г. Воронеж.

					Выбор технологического оборудования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		38

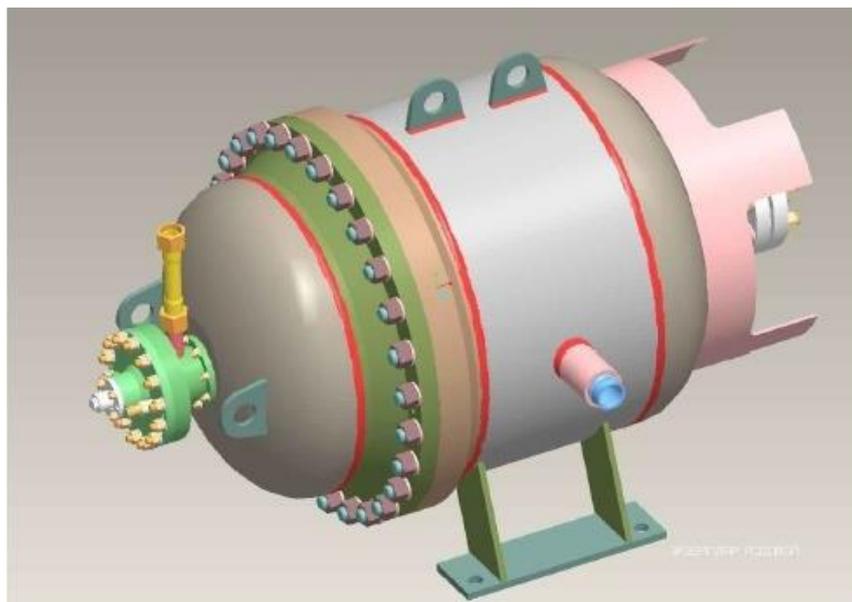


Рисунок 21 –ТДА-СРТ производства ООО «Флуитексистемз» [38]

3.2.1 Устройство и принцип работы детандер–генераторного агрегата

Турбодетандерный электрогенераторный агрегат (ТДА) со струной реактивной турбиной (СРТ) представляет собой модуль полной заводской готовности установленный на раме со вспомогательным оборудованием, приборами, датчиками автоматики, контроля и защиты. Подвод рабочего тела (газа) осуществляется посредством подводящего сопла 1 (ПС) с образованием слегка расширенного потока газа. Поток расширяясь входит в тракт ротора и тормозится во входном диффузоре 2, входит в каналы рабочего колеса 3 с небольшой скоростью и малыми потерями. Посредством истечения рабочего тела (газа) из тяговых каналов рабочего колеса 4 образуют реактивную тягу и крутящийся момент на СРТ, а при вращении вала совершается механическая работа на генераторе 5. Таким образом рабочее тело совершив преобразование потенциальной энергии газа в кинетическую энергию истечения из тягового сопла понижается в давлении и идёт к потребителю через выходное отверстие 6 (рисунок 22).

					Выбор технологического оборудования	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

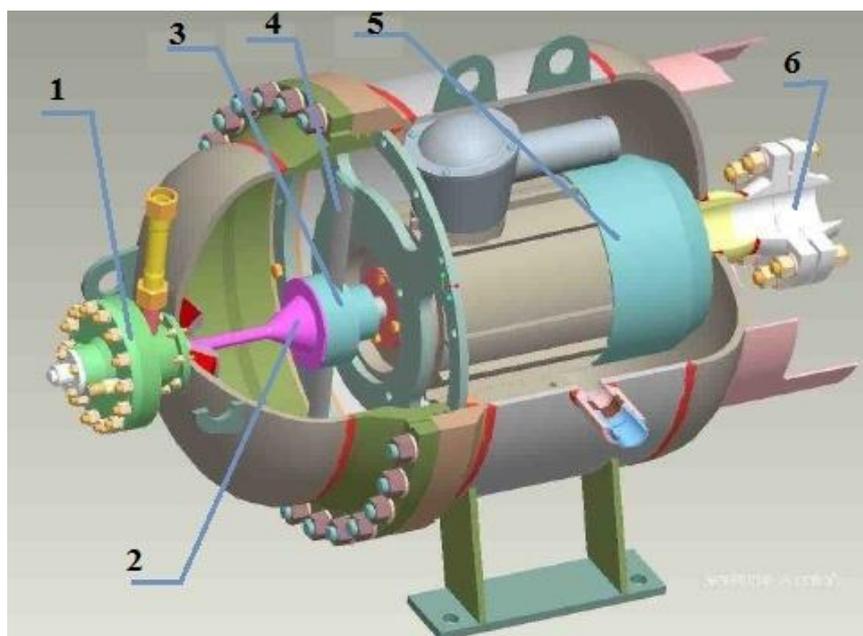


Рисунок 22 – ТДА-СРТ производства ООО «Флуитексистемз» в разрезе [38]

1– подводящее сопло (ПС); 2– входной диффузор; 3– ротор турбины с рабочим колесом; 4– тяговые каналы рабочего колеса; 5– генератор; 6– выход рабочего тела низкого давления.

Основные преимущества применения ДГА ТурбоСфера:

1) СРТ работают на влажном и загрязненном газе при температуре до -60°C . Это обосновывается отсутствием лопаточных аппаратов и малозазорных уплотнений, чувствительных к эрозии и обледенению. Также даёт возможность работать без подогрева и осушки газа.

2) Стабильность выходных характеристик. Они остаются стабильными в широком диапазоне изменения давления, температуры и нагрузок. Отклонения в расходе газа, производственные отклонения оказывают слабое влияние на работоспособность ТДА-СРТ.

					Выбор технологического оборудования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		40

3.2.2 Технические характеристики детандер–генераторного агрегата

Таблица 3 – Технические характеристики ДГА «ТДА-СРТ»

№ п/п	Наименование характеристики	ТДА-СРТ-55-5,5/0,6(1,2)
1	Максимально рабочее давление, МПа	6,4
2	Номинальное рабочее давление газа, МПа	5,5
3	Номинальное выходное давление газа, МПа (абс)	0,6(1,2)
4	Генерируемая электрическая мощность, кВт	55 (15)
5	Диапазон расхода газа, м ³ /час	6000-8000(1500-3000)
6	Полный ресурс агрегата	100000
7	Масса агрегата, кг	1400
8	Габаритные размеры, мм	1670x1060
9	Температура рабочей среды на входе, °С	+15
10	Температура рабочей среды за ТДА, не ниже °С	0
11	Климатическое условие эксплуатации	У1 и ХЛ1Группа 3 по ГОСТ 15150-69
12	Частота вращения при номинальной мощности, об/мин	3057

3.3 Анализ сравнения технических характеристик детандер–генераторных агрегатов «ТДА-СРТ» и «Турбосфера»

Рассмотрев технологические возможности обоих детандер–генераторных агрегатов, можно сказать о том, что каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Основным фактором, влияющим на выбор того или иного агрегата являются габаритные размеры и технико–эксплуатационные возможности.

На данный момент на территории Российской Федерации данные детандер–генераторные агрегаты большого распространения не получили, в виду отсутствия инфраструктуры их использования. В качестве опытных образцов хорошо себя зарекомендовали ДГА «Турбосфера» мощностью 8 и 15 кВт в республике Беларусь и образец мощностью 11кВт на ГРС ПАО «Газпром». Также в качестве опытного образца хорошо себя показал ДГА–СРТ мощностью 100 кВт, установленный на ГРС–1 г. Сумы, Украина.

Сравнительный анализ детандер–генераторных агрегатов представлен в таблице 4.

					Выбор технологического оборудования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		41

Таблица 4 – Сравнительный анализ ДГА		
Критерий сравнения	ДГА «ТДА-СРТ»	ДГА «ТурбоСфера»
Габаритные размеры, мм	1670×1060	600×600
Номинальный диапазон расхода газа м ³ /час	6000-8000 (При перепаде давления с 5,5 до 0,6 МПа); 1500-3000 (При перепаде давления с 5,5 до 1,2 МПа).	500–40 000 (в зависимости от перепада давления и пропускной способности ГРС)
Способ подогрева газа	Подогрев газа перед ДГА теплоносителем в подогревателях газа ПГ	Подогрев газа в ДГА посредством теплоносителя из отсека подготовки теплоносителя
Дополнительные условия для подогрева газа	Дополнительное строительство узла подогрева газа для нитки редуцирования с ДГА	Внедрение трубопровода от отсека подготовки теплоносителя до ДГА
Полный ресурс агрегата	15 лет	20 лет
Генерируемая электроэнергия	55кВт (При перепаде давления с 5,5 до 0,6 МПа); 15кВт (При перепаде давления с 5,5 до 1,2 МПа)	15–500 кВт (в зависимости от перепада давления и пропускной способности ГРС)

Проанализировав технические и эксплуатационные возможности детандер–генераторных агрегатов, можно сделать вывод о том, что габаритные размеры ДГА «Турбосфера» намного меньше размеров ДГА «ТДА–СРТ», что облегчает внедрение данного агрегата на ГРС, а в отдельных случаях даёт возможность реализации данной технологии без строительства дополнительного отсека под ДГА. Также преимуществом ДГА «Турбосфера» является в уникальности подвода теплоты непосредственно к корпусу агрегата, что позволяет регулировать необходимую температуру газа у потребителя и исключить дополнительных затрат на внедрение дополнительных подогревателей газа (ПГ), либо на чрезмерный перегрев газа на всех нитках ГРС. Но основным преимуществом ДГА «Турбосфера» является в возможности работать в широком диапазоне расходов и давлений, сохраняя при этом требуемые параметры и качество генерируемой энергии, что позволяет подобрать параметры расхода и давлений газа для оптимального обеспечения электроэнергией собственных нужд ГРС.

					Выбор технологического оборудования	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		42

3.4 Компоновка размещение детандер–генератора на ГРС

Все приведенные схемы ГРС в выпускной квалификационной работе выполнены в соответствии с нормативным документом СТО ГАЗПРОМ 2-3.5-051-2006 [24].

В зависимости от потребностей установки и конструктивных особенностей газораспределительных станций детандер–генераторные агрегаты могут быть внедрены следующим образом:

1. В существующих блок–зданиях действующей ГРС. В этом случае сам ДГА устанавливается в технологическом отсеке параллельно существующим ниткам редуцирования, системе КИПиА и шкаф управления размещаются в отсеке управления, а при необходимости теплоносителя к таким агрегатам как ДГА «Турбосфера», подвод осуществляется трубопроводом из отсека подготовки теплоносителя (рисунок 23).

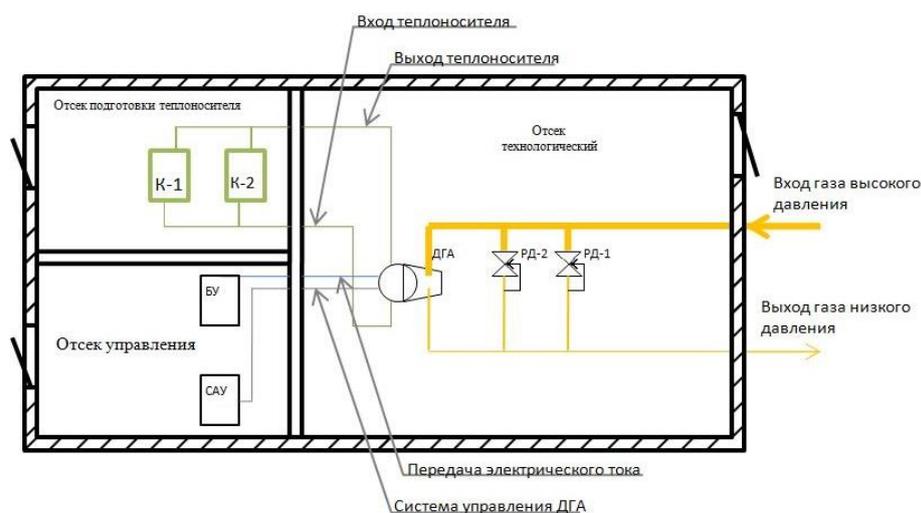


Рисунок 23 – Схема размещения ДГА в технологическом отсеке
БУ- блок управления, САУ–система автоматического контроля,
ДГА – детандер–генераторный агрегат, РД-1(2) –регулятор давления,
К-1(2) – котёл подогрева теплоносителя

2. В отдельном блок-здание «Отсек ДГА». Данный вариант применим при невозможности установки ДГА в технологическом отсеке или

					Выбор технологического оборудования	Лист
						43
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

при строительстве новой ГРС. В данном варианте устанавливается отдельное блок-здание в котором размещается ДГА, а система КИПиА, шкаф управления и подвод теплоносителя размещается также в отсеке управления и в отсеке подготовки теплоносителя соответственно (рисунок 24).

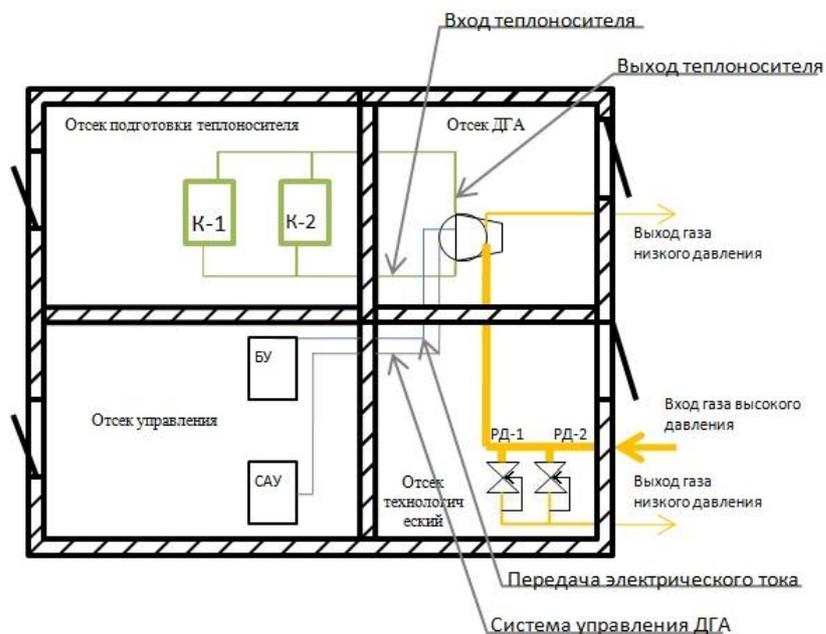


Рисунок 24 – Схема размещения ДГА в отдельном блок-боксе

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

4 Обоснование месторасположения детандер–генераторного агрегата

4.1 Расположение в технологическом отсеке

Внедрение ДГА на ГРС-Ч «Урожай-20» возможно в случае реконструкции технологического отсека блок–здания №1, посредством замены одного из регулятора давления на одной из ниток редуцирования. На данной ГРС оптимальным решением будет заменить резервную нитку редуцирования направленную в с. ██████████, так как в данном направлении обеспечивается требуемая номинальная производительность (20 000 м³/ч) для обеспечения выработки электроэнергии для автономности ГРС (рисунок 25).

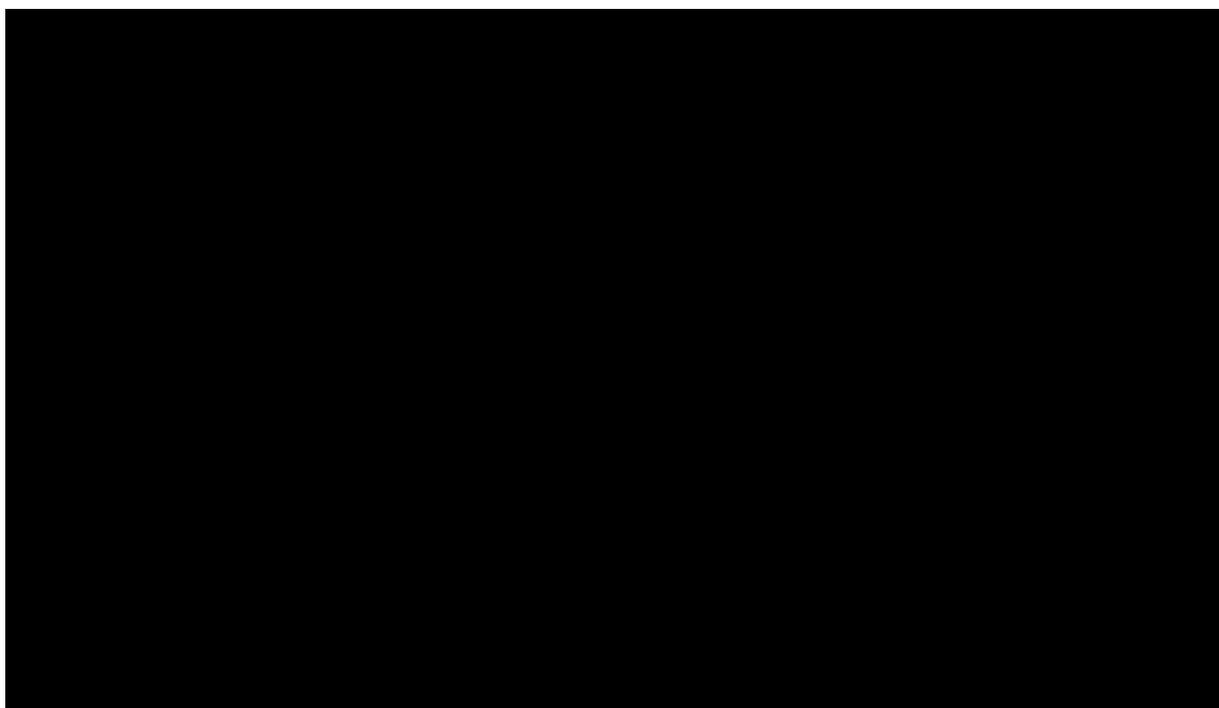


Рисунок 25 – Схема размещения ДГА на ГРС-Ч «Урожай-20»

1–газопровод высокого давления, 2–узел редуцирования с. ██████████, 3–узел редуцирования с. ██████████, 4,5–газопроводы низкого давления, 6–вход и выход теплоносителя

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Применение детандер–генератора для повышения ресурсоэффективности газораспределительной станции магистрального газопровода		
Разраб.		Патракеев В.О.		01.06.18	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		01.06.18			
Консульт.					ДР	45	90
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		01.06.18			
					ТПУ гр. 2Б4Б		

Природный газ, пройдя от магистрального газопровода через охраны кран и отсек переключения поступает в технологический отсек блок–здания №1, по газопроводу высокого давления 1. Газ проходит через фильтры сепараторы (ФС), подогреватели газа и в этом же отсеке направляется на узел редуцирования. В узле редуцирования газ разделяется на два направления:

1) По направлению 2 природный газ редуцируется на с. [REDACTED] двухниточной системой защиты одинаковой производительности регуляторами РД1.1 – РД 1.4.

2) По направлению 3 природный газ редуцируется на с. [REDACTED] двухниточной системой защиты при помощи ДГА и регуляторами РД2.1 – РД 2.3. В работе ДГА настроен на рабочее давление $P_{\text{раб}} = 1.2$ МПа. Регулятор РД 2.1 и РД 2.2 полностью открыты, так как настроены на $P_{\text{раб}} + 10\%$. РД 2.3 закрыт, так как настроен на $P_{\text{раб}} - 10\%$. При превышении рабочего давления на ДГА свыше 10% от рабочего «подхватит» РД 2.1, при понижении рабочего давления на ДГА ниже 10% «подхватит» РД 2.3. Нитка с регулятором РД (3) полностью закрыта (находиться в резерве).

При прохождении через ДГА, газ отдает свою энергию турбине, проходя многоступенчатую схему расширения на одном колесе, с промежуточным подогревом посредством подачи теплоносителя б с отсека подготовки теплоносителя. Полученная энергия на турбине передается генератору для выработки электроэнергии и направляется систему рекуперации электроэнергии в блоке управления (БУ) в отсеке управления. После прохождения узла редуцирования газ поступает в производственные трубопроводы низкого давления на с. [REDACTED] 4 с давлением 1.2 МПа и на с. [REDACTED] 5 с давлением 0,6 МПа.

4.2 Расположение в отдельном блок-контейнере

Внедрение ДГА возможно также посредством размещения его

					Обоснование месторасположения детандер–генератора агрегата	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		46

параллельно ниткам редуцирования в отдельном блок–контейнере «Отсеке ДГА» рядом с блок–зданием № 1. В данном отсеке помимо самой ДГА размещается запорная арматура для аварийного или ремонтного отсечения ДГА от ГРС. Блок управления (БУ), САУ, подвод теплоты осуществляются также как и при реконструкции технологического отсека (рисунок 26).

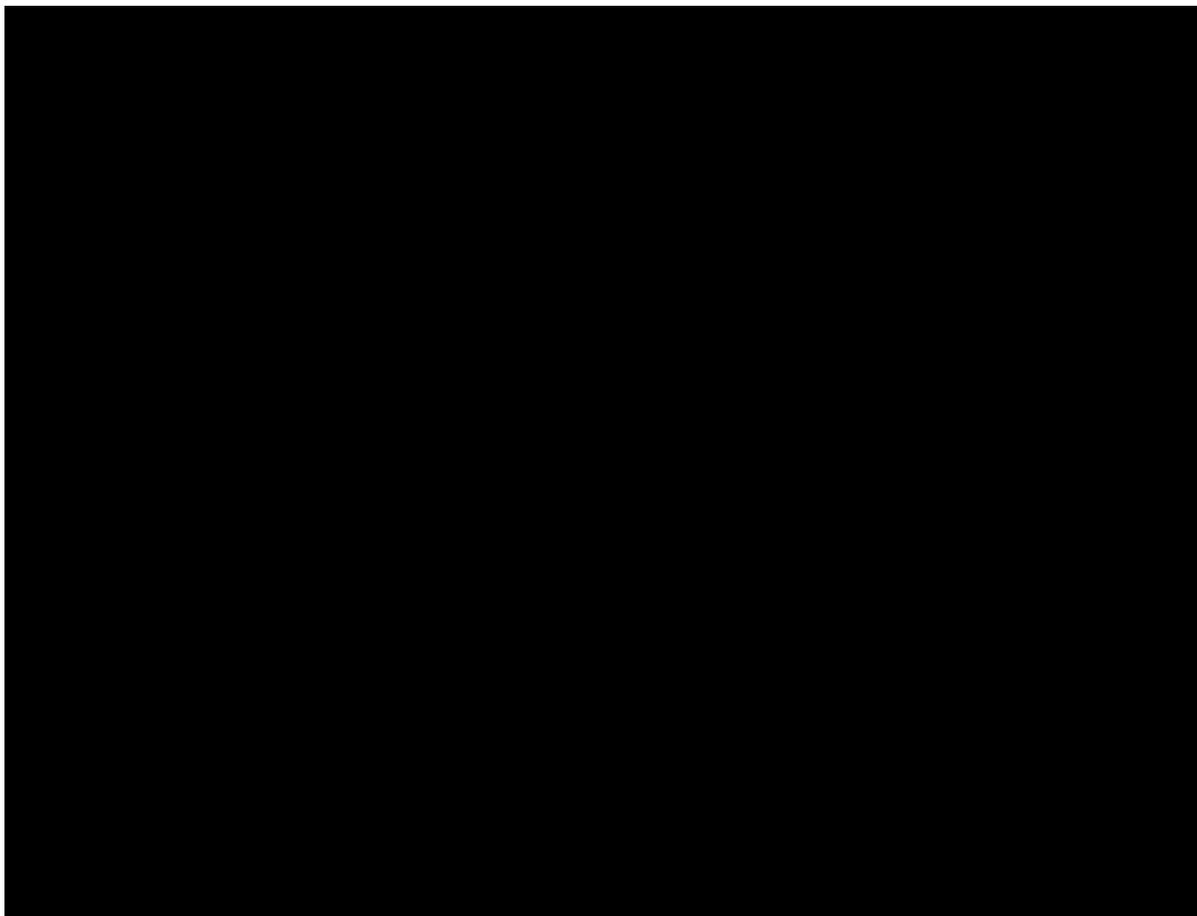


Рисунок 26 – схема размещения ДГА в виде блок-контейнера на ГРС-Ч «Урожай-20»

1–газопровод высокого давления, 2–узел редуцирования с. ██████████, 3-узел редуцирования с. ██████████, 4,5–газопроводы низкого давления, 6–вход и выход теплоносителя

Природный газ, пройдя от магистрального газопровода через охраны кран и отсек переключения поступает в технологический отсек блок–здания 1, по газопроводу высокого давления 1. Газ проходит через фильтры сепараторы (ФС), подогреватели газа и разделяется направления:

					Обоснование месторасположения детандер–генератора агрегата	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		47

1) По направлению 2 природный газ редуцируется на с. [REDACTED] двухниточной системой защиты регуляторами РД1.1 и РД1.2.

2) По направлению в «Отсек ДГА» природный газ идет параллельно направлению 3. В «отсеке ДГА» ДГА настроен рабочее давление $P_{\text{раб}} = 1.2$ МПа, а регулятор РД полностью открыт, так как настроен на $P_{\text{раб}} + 10\%$.

3) В направлении 3 регулятор РД 2.1 полностью открыт, так как настроен на $P_{\text{раб}} + 10\%$, регулятора РД 2.4. полностью закрыт, так как настроен на $P_{\text{раб}} - 10\%$. Линии, на которых расположены регуляторы РД 2.2, РД 2.3, РД (3) полностью закрыты (находятся в резерве).

При превышении рабочего давления на ДГА свыше 10% от рабочего «подхватит» РД расположенный в «отсеке ДГА», при понижении рабочего давления на ДГА ниже 10% «подхватит» РД 2.1, расположенный в узле направления 3.

					Обоснование месторасположения детандер–генератора агрегата	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		48

5. Расчетная часть

Расчетная часть выполнена в соответствии с СТО Газпром 2-3.5-051-2006 «Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов» [24] и в соответствии с методикой Мальханова В.П. «Разработка технологических схем и методов расчётов энергосберегающих установок» [64].

5.1 Определение пропускной способности газопровода–отвода

Пропускная способность газопровода – количество газа, которое может быть передано по газопроводу при максимальном использовании располагаемой мощности агрегатов и заданных расчетных параметров: условий в начале и в конце газопровода, рабочем давлении, гидравлической эффективности, температуре окружающего воздуха, температуре охлаждения газа и т.д.

Исходные данные:

Таблица 5 Основные параметры компонентов газа

Компоненты	Объемная концентрация, в долях ед.	Молекулярная масса, кг/кмоль	T _{кр} , К	P _{кр} , МПа	Динамическая вязкость, кгс/м ² 10 ⁻⁷
Метан	0,98	16,04	190,5	4,49	10,3
Этан	0,01	30,07	306	4,77	705
Пропан	0,0003	44,09	369	4,26	6,9
Бутан	0,0007	58,12	425	3,5	6,9
Пентаны	0,00023	72,15	470,2	3,24	6,2
Диоксид углерода	0,0007	44,01	305	7,28	13,8
Азот	0,008	28,02	126	3,39	16,6
Кислород	0,00007	32	154,96	5,01	1,94

Определим молекулярную массу газовой смеси, M_{см}, кг/кмоль:

$$M_{см} = \frac{\sum V_i \cdot m_i}{100} \quad (1)$$

где V₁, V₁, V_n – объёмные концентрации компонентов газ, %;

					Применение детандер–генератора для повышения ресурсоэффективности газораспределительной станции магистрального газопровода			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Патракеев В.О.		01.06.18		ДР	49	90
Руковод.		Чухарева Н. В.		01.06.18		ТПУ гр. 2Б4Б		
Консульт.		.						
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

m_1, m_1, m_1 – мольные массы компонентов, кг/кмоль;

$$\begin{aligned} M_{\text{см}} &= 0,98 \cdot 16,04 + 0,01 \cdot 30,07 + 0,0003 \cdot 44,09 + 0,0007 \cdot 58,12 \\ &+ 0,00023 \cdot 72,15 + 0,0007 \cdot 44,01 + 0,008 \cdot 28,02 + 0,00007 \cdot 32 \\ &= 16,34 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}. \end{aligned}$$

Определяем плотность газовой смеси, $\rho_{\text{см}}$, кг/м³;

$$\rho_{\text{см}} = \frac{M_{\text{см}}}{22,4} \quad (2)$$

где 22,4 – молярный объём газа, м³/кмоль;

$$\rho_{\text{см}} = \frac{16,34}{22,4} = 0,73 \text{ кг/м}^3$$

Определяем относительную плотность газа по воздуху, Δ :

$$\Delta = \frac{\rho_{\text{см}}}{\rho_{\text{в}}} \quad (3)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха при стандартных условиях, кг/м³, $\rho_{\text{в}}=1,293$ кг/м³.

$$\Delta = \frac{0,73}{1,293} = 0,57$$

Определяем динамическую вязкость газовой смеси, $\mu_{\text{см}}$, кгс/м²

$$\mu_{\text{см}} = \frac{\sum V_i \cdot \mu_i}{100} \quad (4)$$

где μ_1, μ_1, μ_1 – динамическая вязкость компонентов, кгс/м²;

$$\begin{aligned} \mu_{\text{см}} &= 0,98 \cdot 10,3 + 0,01 \cdot 7,5 + 0,0003 \cdot 6,9 + 0,0007 \cdot 6,9 + 0,00023 \cdot 6,2 \\ &+ 0,0007 \cdot 13,8 + 0,008 \cdot 16,6 + 0,00007 \cdot 1,94 = 10,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2}. \end{aligned}$$

Определяем критическое давление газовой смеси, $P_{\text{кр}}$, МПа

$$P_{\text{кр}} = \frac{\sum V_i \cdot P_{\text{кри}}}{100} \quad (5)$$

где $P_{\text{кр}1}, P_{\text{кр}2}, P_{\text{кр}n}$ – критические давления компонентов, МПа;

					Расчётная часть	Лист
						50
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

$$P_{кр} = 0,98 \cdot 4,49 + 0,01 \cdot 4,77 + 0,0003 \cdot 4,26 + 0,0007 \cdot 3,5 + 0,00023 \cdot 3,2 + 0,0007 \cdot 7,28 + 0,008 \cdot 3,39 + 0,00007 \cdot 5,01 = 4,48 \text{ МПа.}$$

Определяем критическую температуру газовой смеси, $T_{кр}$, К

$$T_{кр} = \frac{\sum V_i \cdot T_{кр i}}{100} \quad (6)$$

где $T_{кр1}$, $T_{кр2}$, $T_{крn}$ – критические температуры компонентов, К;

$$T_{кр} = 0,98 \cdot 190,5 + 0,01 \cdot 306 + 0,0003 \cdot 369 + 0,0007 \cdot 425 + 0,00023 \cdot 4 + 0,0007 \cdot 305 + 0,008 \cdot 126 + 0,00007 \cdot 154,096 = 191,5 \text{ К.}$$

Определим среднее давление газа на участке, $P_{ср}$, МПа

$$P_{ср} = \frac{2}{3} \left(P_H + \frac{P_K^2}{P_H + P_K} \right) \quad (7)$$

где P_H – начальное давление газа, МПа, $P_H = 5,5$ МПа;

P_K – конечное давление газа, МПа, $P_K = 5,4$ МПа;

$$P_{ср} = \frac{2}{3} \left(5,5 + \frac{5,4^2}{5,5 + 5,4} \right) = 4,45 \text{ МПа}$$

Определим среднюю температуру газа на участке, $T_{ср}$, К

$$T_{ср} = \frac{T_{гр} + T_H}{2} \quad (8)$$

где $T_{гр}$ – температура окружающей среды на глубине заложения трубопровода, К; $T_{гр} = 278,4$ К.

T_H – температура газа на входе в линейный участок, К; $T_H = 293$ К.

$$T_{ср} = \frac{278,4 + 293}{2} = 285,7 \text{ К}$$

Определим приведенную температуру газовой смеси, $T_{пр}$

$$T_{пр} = \frac{T_{ср}}{T_{кр}} \quad (9)$$

$$T_{пр} = \frac{285,7}{191,5} = 1,49$$

Определим приведенное давление газовой смеси, $P_{пр}$

					Расчётная часть	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

$$P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{кр}}} \quad (10)$$

$$P_{\text{пр}} = \frac{4.45}{4.48} = 0.99$$

Определим коэффициент сжимаемости газовой смеси, Z

$$Z = 1 + A_1 P_{\text{пр}} + A_2 P_{\text{пр}}^2 \quad (11)$$

$$\text{где } A_1 = -0.39 + \frac{2.03}{T_{\text{пр}}} - \frac{3.16}{T_{\text{пр}}^2} + \frac{1.09}{T_{\text{пр}}^3} \quad (12)$$

$$A_1 = -0.39 + \frac{2.03}{1.49} - \frac{3.16}{1.49^2} + \frac{1.09}{1.49^3} = -0.121$$

$$A_2 = 0.0423 - \frac{0.1812}{T_{\text{пр}}} + \frac{0.2124}{T_{\text{пр}}^2} \quad (13)$$

$$A_2 = 0.0423 - \frac{0.1812}{1.49} + \frac{0.2124}{1.49^2} = -0.0151$$

$$Z = 1 - 0.121 \cdot 0.99 - 0.0151 \cdot 0.99^2 = 0.865$$

Найдём заданную пропускную способность газопровода отвода в сутки, q , млн. м³/сут:

$$q_c = \frac{24 \cdot Q_{\text{ч}} \cdot 10^{-6}}{K_{\text{и}}^0} \quad (14)$$

где $K_{\text{и}}^0$ – коэффициент использования пропускной способности для газопроводов отводов, $K_{\text{и}}^0 = 0.9405$;

$Q_{\text{ч}}$ – расчётное часовое потребление газа, определяемое по совмещенному графику всеми потребителями, расположенным за рассчитываемым линейным участком, м³/ч, $Q_{\text{ч}} = 25\,000$ м³/ч.

Определим число Рейнольдса, Re

$$Re = \frac{1810 \cdot q_{\text{сут}} \cdot \Delta}{d_{\text{в}} \cdot \mu_{\text{см}}}, \quad (15)$$

где Δ – Относительная плотность газа по воздуху, 0.57;

$d_{\text{в}}$ – внутренний диаметр участка газопровода, мм, $d_{\text{в}} = 150$ мм;

$\mu_{\text{см}}$ – динамическая вязкость газовой смеси, кгс/м², $10.3 \cdot 10^{-7}$ кгс/м².

					Расчётная часть	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

$$Re = \frac{1810 \cdot 0,638 \cdot 0,57}{150 \cdot 10,3 \cdot 10^{-7}} = 0,42 \cdot 10^7.$$

Определяем коэффициент сопротивления трению, $\lambda_{тр}$

$$\lambda_{тр} = 0,067 \cdot \left(\frac{158}{Re} + \frac{2 \cdot K}{d_B} \right)^{0,2} \quad (16)$$

Где K – эквивалентная шероховатость стенки труб, мм, K=0,03 мм

$$\lambda_{тр} = 0,067 \cdot \left(\frac{158}{0,42 \cdot 10^7} + \frac{2 \cdot 0,03}{150} \right)^{0,2} = 0,0143$$

Определяем коэффициент гидравлического сопротивления, с учетом местных сопротивлений и гидравлической эффективности газопровода, λ

$$\lambda = 1,05 \cdot \frac{\lambda_{тр}}{E} \quad (17)$$

где E – коэффициент гидравлической эффективности газопровода, E = 0,95.

$$\lambda = 1,05 \cdot \frac{0,0143}{0,95} = 0,0158$$

Определяем пропускную способность газопровода-отвода, $Q_{ч}$, м³/сут.

$$Q_{ч} = 3,32 \cdot d^{2,5} \cdot \sqrt{\frac{P_H^2 - P_K^2}{\lambda \cdot T_{ср} \cdot z \cdot L}} \quad (18)$$

$$Q_{ч} = 3,32 \cdot 150^{2,5} \cdot \sqrt{\frac{5,5^2 - 5,4^2}{0,0158 \cdot 285,7 \cdot 0,865 \cdot 0,6}} = 672528,9 \frac{м^3}{сут}$$

Заданная пропускная способность газопровода-отвода $q=25000 м^3/ч=600000 м^3/сут.$ не превышает рассчитанной величины. Условие соответствует действительности.

5.2 Расчёт мощности детандер-генераторного агрегата

В настоящее время существует множество методик расчёта детандер-генераторных агрегатов. Для детандер-генераторного агрегата «Турбосфера»

					Расчётная часть	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

более предпочтительная методика Мальханова В.П. [63]. Также она требует выбора меньшего количества исходных данных, чем другие методики.

5.2.1 Расчёт номинальной мощности детандер–генераторного агрегата

Определим индивидуальную газовую постоянную R , кДж/кг·К, для газовой смеси природного газа:

$$R = \frac{R_0}{M_{\text{см}}} \quad (19)$$

где $M_{\text{см}}$ – молекулярную массу газовой смеси, кг/кмоль; $M_{\text{см}}=16,34$ кг/кмоль;

R_0 – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); $R = 8,314$ Дж/(моль·К).

$$R = \frac{8,314}{16,34 \cdot 10^{-3}} = 508,8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Определим перепад энтальпии при адиабатическом процессе расширения газа, $H_{\text{Ад}}$, кДж/кг, в детандер–генераторе:

$$H_{\text{Ад}} = \frac{k}{k-1} \cdot R \cdot T \cdot \left(1 - \left(\frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right) \quad (20)$$

где k – коэффициент адиабаты для ДГА «Турбосфера»; $k=1,23$

R – индивидуальная газовая постоянная, Дж/кг·К; $R=508,8$ Дж/(кг·К);

T – температура газа на входе в ДГА, К; 288 К;

$P_{\text{ВХ}}$ – давление газа на входе в ДГА, МПа; $P_{\text{ВХ}} = 5,5$ МПа;

$P_{\text{ВЫХ}}$ – давление газа на выходе из ДГА, МПа; $P_{\text{ВЫХ}} = 1,2$ МПа.

$$H_{\text{ад}} = \frac{1,23}{1,23-1} \cdot 508,8 \cdot 288 \cdot \left(1 - \left(\frac{1,2}{5,5}\right)^{\frac{1,23-1}{1,23}}\right) = 103,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Определим массовый расход природного газа G , через ГРС, кг/с:

$$G = \frac{Q_{\text{к}} \cdot \rho}{3600} \quad (21)$$

					Расчётная часть	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

где Q_k – расход газа по нитке редуцирования на с. [REDACTED], м³/ч;

$$Q_k = 20000 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$\rho_{см}$ – плотность газовой смеси, кг/м³; $\rho_{см} = 0,73 \text{ кг/м}^3$.

$$G = \frac{20000 \cdot 0,73}{3600} = 4,05 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Определим номинальную располагаемую мощность ГРС «Урожай-20» $N_{ДГА}$, кВт, которая может быть получена при помощи ДГА «Турбосфера»:

$$N_{ДГА} = G \cdot H_{АД} \cdot \eta \quad (22)$$

где G – массовый расход природного газа, кг/с; $G = 4,05 \text{ кг/с}$;

$H_{АД}$ – плотность газовой смеси, кДж/кг; $H_{АД} = 103,5 \text{ кДж/кг}$;

η – общий КПД ДГА «Турбосфера», $\eta = 0,36$.

$$N_{ДГА} = 4,05 \cdot 103,5 \cdot 0,36 = 304,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

В результате расчета, при номинальном расходе природного газа (20 тыс. м³/ч) в направлении с. [REDACTED], максимальная мощность, которая может быть получена при помощи ДГА «Турбосфера» составляет 304,5 кВт·ч

5.2.3 Расчёт мощности детандер–генераторного агрегата с учётом изменения сезонности газопотребления

Количество вырабатываемой электроэнергии детандер–генераторным агрегатом зависит от пропускной способности газораспределительной станции и степени перепада давления при редуцировании. Номинальная расчётная пропускная способность ГРС-Ч «Урожай-20» по нитке редуцирования на с. [REDACTED] составляет 20000 м³/ч. В реальной эксплуатации ГРС данное значение является предельным, которое может быть достигнуто при условии работы всех оборудований потребителей на полную мощность, что является невыполнимым.

В следствии этого необходимо учитывать реальный расход газа на ГРС для подсчета точного количества вырабатываемой элетроэнергии детандер-генератором в различное время года (таблица б)

					Расчётная часть	Лист
						55
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Таблица 6 – Пропускной способности ГРС-Ч «Урожай-20» в направлении с. [REDACTED] за текущий период 2017 г.

Месяц	Пропускная способность, Q_k , тыс. м ³ /ч
Январь	14,225
Февраль	11,669
Март	9,329
Апрель	9,596
Май	8,419
Июнь	4,533
Июль	2,294
Август	2,448
Сентябрь	4,119
Октябрь	5,700
Ноябрь	10,332
Декабрь	16,460

Исходя из статистических данных, приведенных в таблице 6, рассчитаем количество вырабатываемой энергии в зависимости от расхода в различное время года:

$$1) \quad G(\text{январь}) = \frac{14200 \cdot 0,73}{3600} = 2,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (23)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{январь}) = 2,9 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 219,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$2) \quad G(\text{февраль}) = \frac{11700 \cdot 0,73}{3600} = 2,4 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (24)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{февраль}) = 2,4 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 181,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$3) \quad G(\text{март}) = \frac{9300 \cdot 0,73}{3600} = 1,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (25)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{март}) = 1,9 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 143,45 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$4) \quad G(\text{апрель}) = \frac{9600 \cdot 0,73}{3600} = 1,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (26)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{апрель}) = 1,9 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 143,45 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$5) \quad G(\text{май}) = \frac{8400 \cdot 0,73}{3600} = 1,7 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (27)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{май}) = 0,9 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 128,35 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

					Расчётная часть	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		56

$$6) \quad G (\text{июнь}) = \frac{4500 \cdot 0,73}{3600} = 0,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (28)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{июнь}) = 2,9 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 67,95 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$7) \quad G (\text{июль}) = \frac{2300 \cdot 0,73}{3600} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (29)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{июль}) = 0,5 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 37,75 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$8) \quad G (\text{август}) = \frac{2400 \cdot 0,73}{3600} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (30)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{август}) = 0,5 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 37,75 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$9) \quad G (\text{сентябрь}) = \frac{4100 \cdot 0,73}{3600} = 0,8 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (31)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{сентябрь}) = 0,8 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 60,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$10) \quad G (\text{октябрь}) = \frac{5700 \cdot 0,73}{3600} = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (32)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{октябрь}) = 1,2 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 90,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$11) \quad G (\text{ноябрь}) = \frac{10300 \cdot 0,73}{3600} = 2,1 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (33)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{ноябрь}) = 2,1 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 158,55 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$12) \quad G (\text{декабрь}) = \frac{16500 \cdot 0,73}{3600} = 3,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (34)$$

$$N_{\text{ДГА}}(\text{декабрь}) = 3,3 \cdot 103,5 \cdot 0,73 = 249,15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Таблица 7 – Количества вырабатываемой электроэнергии.

Перепад давления, $P_{\text{вх}}/P_{\text{вых}}$, МПа	Месяц	Расход газа, м ³ /ч	Мощность ДГА «Турбосфера», кВт·ч
5,5/1,2	Январь	14200	219,1
	февраль	11700	181,2
	Март	9300	143,45
	Апрель	9600	143,45
	Май	8400	128,35
	Июнь	4500	67,95
	Июль	2300	37,75
	Август	2400	37,75
	Сентябрь	4100	60,4
	Октябрь	5700	90,6
	Ноябрь	10300	158,55
	Декабрь	16500	249,5

Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Расчётная часть	Лист
						57

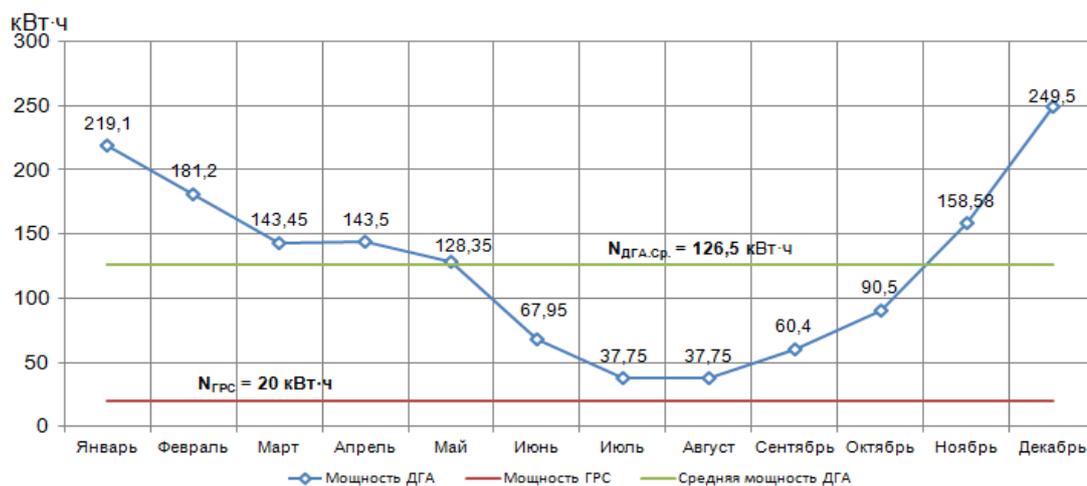


Рисунок 27 – Мощность ДГА «ТурбоСфера» с учётом сезонного изменения расхода

Самый минимальный расход газа на ГРС наблюдается в летний период от 2300 до 4500 м³/ч. При данном расходе газа и степени редуцирования от 5.5 до 1.2 МПа количество вырабатываемой электроэнергии составляет от 37,75 до 67,95 кВт·ч, что превышает требуемое количество электроэнергии (20 кВт в час) на нужды ГРС.

Исходя из количества вырабатываемой электроэнергии установкой, с учётом сезонного изменения расхода, можно сделать вывод, что установка «Турбосфера» является эффективной в диапазоне малых расходов, и способна автономно обеспечивать электроэнергией ГРС круглый год, а с сентября по май появляется возможность обеспечить электроэнергией даже часть промышленной площадки (рисунок 28).

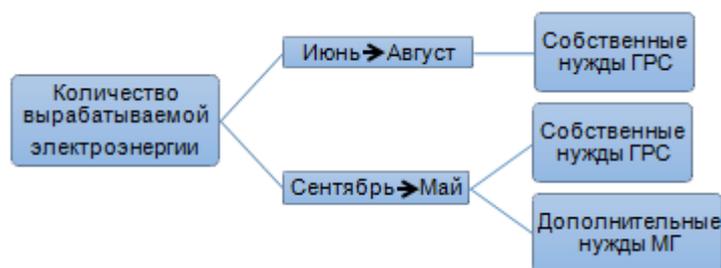


Рисунок 28 – Распределение электроэнергии

монтажных работ электрооборудования, пусконаладочных работ установки и проверку работоспособности установки.

В таблице 8 представлены нормы времени выполнения технологических операций.

Таблица 8 – Нормы времени выполнения технологических операций

№ п/п	Наименование операций	Объем работ		Продолжительность работ, часов	Состав бригады
		ед. измерения	Кол-во		
1	Отключение подогревателей газа, приборов учёта, Закрытие входного и выходного кранов, закрытие охранного крана	шт.	1	0,25	4
2	Закрытие входного и выходного кранов, закрытие охранного крана, открытие продувочных свечей	шт.	1	0,25	4
4	Вырезка резервной нитки редуцирования	резов	2	1,5	3
5	Демонтаж резервной нитки	шт.	1	0,5	2
6	Сварка газопровода системы редуцирования, монтаж установки, монтаж кранов, манометров	шт.	1	3	3
7	Сварка трубопровода системы подвода теплоносителя, монтаж задвижек	шт.	1	2	3
8	Монтаж электрических кабелей, монтаж электрооборудования	комплект	1	8	3
9	Пуск ГРС в работу	шт.	1	0,5	2
10	Пусконаладочные работы	шт.	1	24	4
	Продолжительность работ по реконструкции	1 день	-	-	8
		Итого	-	-	32

Исходя из того что, большая часть работ выполняется параллельно, то целесообразно использовать линейный график выполнения работ (таблица 9).

Таблица 9 – Линейный календарный график выполнения работ

Наименование работ	Сроки выполнения		Кол-во дней	Февраль			Март			Апрель		
	начало	конец										
Проведения энергетического обследования	05.02.2018	02.03.2018	25	■	■	■						
Разработка технического задания и ТЭО	05.02.2018	02.03.2018	25	■	■	■						
Разработка конструкторской документации	05.02.2018	02.03.2018	25	■	■	■						
Изготовление и испытание установки	05.03.2018	23.03.2018	18				■	■	■			
Разработка проекта внедрения установки на ГРС	12.03.2018	23.03.2018	11				■	■	■			
Получения разрешений , согласований	23.03.2018	06.04.2018	14					■	■	■	■	■
Подготовка оборудования, спецтехники	06.04.2018	13.04.2018	7								■	■
Завоз труб, установки и оборудования на объект	13.04.2018	20.04.2018	7								■	■
Подготовка площадки ГРС	13.04.2018	20.04.2018	7								■	■
Демонж РД резервной нитки узла редуцирования	23.04.2018	24.04.2018	1									■
Сварочные работы в процессе монтажа трубопровода	23.04.2018	24.04.2018	1									■
Монтажные работы по внедрению установки	23.04.2018	24.04.2018	1									■
Монтаж электрооборудования	24.04.2018	27.04.2018	3									■
Осуществление пусконаладочных работ	24.04.2018	27.04.2018	3									■

6.2 Затраты на оплату труда

Затраты на оплату труда при реконструкцию ГРС посредством внедрения детандер–генераторного агрегата делятся принципиально на две части: затраты на контрагентные услуги и затраты на оплату труда рабочих при непосредственной реконструкции.

Контрагентные услуги включают себя затраты связанные с выполнением каких-либо работ сторонними организациями. А именно: проведение энергетического обследования, разработка технического задания и ТЭО, разработка конструкторской документации, изготовление и испытание установки, разработка проекта внедрения установки на ГРС, осуществление пусконаладочных работ. Затраты на вышеперечисленные услуги приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Затраты на контрагентные услуги

Услуги	Стоимость (руб. без НДС)
Проведение энергетического обследования	360000
Разработка технического задания и ТЭО	272000
Разработка конструкторской документации	224000
Изготовление и испытание установки,	280000
Разработка проекта внедрения установки на ГРС	220000
Осуществление контроля пусконаладочных работ	85000

Затраты на оплату труда при непосредственной реконструкции определяется исходя из численности работников в целом по объекту,

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		61

основывается на объеме строительно-монтажных работ и сложившейся структуры рабочих для данного вида работ.

Расчёт суммы, начисленной по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда указаны в таблице 11.

Таблица 11 – Надбавки и доплаты к заработной плате

Наименование надбавки	Коэффициент
Районный коэффициент	1,3
Доплата за вредность	1,1
Компенсационная выплата за вахтовый метод работы	1,25
Компенсационная выплата за время нахождения в пути	1,1

Начисление заработной платы рабочим осуществляется по тарифным ставкам, в соответствии с принятыми на предприятии формами и системами оплаты труда (таблица 12). При окончательном назначении заработной платы учитывается: отработанное время, премии, надбавки по районным коэффициентам.

Таблица 12 – Тарифные ставки на предприятии

Наименование специальности	Тарифная ставка (руб/час)
Начальник участка	150
Электрогазосварщик	130
Монтажник	100
Электромонтёр	120
Специалист КИПиА	140

Проведём расчеты заработной платы для монтажника:

$$ЗП_ч = T_ч \cdot RK \cdot ДВ \cdot ВП \cdot ВР = 196,6 \text{ руб/час} \quad (35)$$

$T_ч$ – часовая тарифная ставка;

RK – районный коэффициент;

$ДВ$ – доплата за вредность;

$ВП$ – компенсационная выплата за время нахождения в пути;

$ВР$ – компенсационная выплата за вахтовый метод работы.

Количество монтажников составляет 4 человека с продолжительность рабочего дня 8 часов, итого:

$$ЗП = ЗП_ч \cdot T \cdot q = 6292 \text{ руб.} \quad (36)$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		62

$ZП_ч$ – часовая зарплата одного работника;

T – время работы;

q – количество монтажников.

Расчета заработной платы работников и суммарный фонд заработной платы (ФЗП) представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Заработная плата работников

№ п/п	Наименование специальности	Количество	Тарифная ставка (руб/час)	Количество часов	Итого (руб)
1	Начальник участка	1	150	32	9438
2	Электрогазосварщик	2	130	8	2045
3	Монтажник	4	100	8	6292
4	Электромонтёр	2	120	16	7550
5	Специалист КИПиА	1	140	16	4404
Всего (ФЗП)		10	-	-	29669

Затраты на командировочные расходы представлены в таблице 14. Норма суточных составляет –550 руб. /день, стоимость проживания для одного работника составляет 600 руб./ день.

Таблица 14 – Командировочные расходы рабочих

Наименование		Ед. изм.	Расчёт
Продолжительность смены		Час.	8
Состав бригады		Чел.	10
Продолжительность производства работ	Начальник участка	дн.	4
	Электрогазосварщик	дн.	1
	Монтажник	дн.	4
	Электромонтёр	дн.	4
	Специалист КИПиА	дн.	4
Норма суточных		руб./день	550
Стоимость проживания в сутки		руб./день	600
Суточные на всех работников		руб.	9350
Стоимость проживания всех работников		руб.	10200
Итого:		руб.	19550

6.3 Отчисления на социальные нужды

Отчисления на страховые взносы осуществляется в размере 30% от всего (ФЗП) фонда заработной платы.

На 2018 плательщик должен перечислить в фонды проценты по

Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						63

следующим ставкам:

- 22% в Пенсионный фонд;
- 2,9% в Фонд социального страхования;
- 5,1% в Федеральный фонд общего медицинского страхования.

Согласно сводному отчёту по заработной плате (табл.) фонд заработной платы (ФЗП) составляет 29669 руб. Рассчитаем сумму каждого отчисления.

Отчисление в Пенсионный фонд:

$$Z_{пф} = Z_{фзп} \cdot 0,22 = 29669 \cdot 0,22 = 6527,18 \text{ руб.} \quad (37)$$

Отчисление в Фонд социального страхования (ФСС):

$$Z_{фсс} = Z_{фзп} \cdot 0,029 = 29669 \cdot 0,029 = 860,4 \text{ руб.} \quad (38)$$

Отчисление в Фонд медицинского страхования (ФМС):

$$Z_{фмс} = Z_{фзп} \cdot 0,051 = 29669 \cdot 0,051 = 1513,1 \text{ руб.} \quad (39)$$

Общие отчисления на единый социальный налог (ЕСН) составили:

$$Z_{есн} = Z_{фзп} \cdot 0,3 = 29669 \cdot 0,3 = 8900,7 \text{ руб.} \quad (40)$$

6.4 Затраты на материалы

Реконструкция ГРС посредством внедрения детандер–генераторного агрегата является сложным, энергоёмким, материалоёмким и трудоёмким процессом в строительстве. Часть сметных затрат составляют затраты на материальные ресурсы представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на материалы

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Общее кол-во	Цена, руб.
1	ДГА «Турбосфера»	м ³	1	30000
2	Система подвода газа высокого давления	компл.	1	110000
3	Система подвода газа низкого давления	компл.	1	110000
4	Система подвода греющего теплоносителя	компл.	1	60000
5	Система отвода греющего теплоносителя	компл.	1	60000

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		64

6	Система рекуперации электроэнергии	компл.	1	50000
7	Система аккумулирования	компл.	1	30000
Итого				3420000

6.5 Затраты на спецтехнику

Рабочая бригада будет заселена в поселке, находящийся в 5 км от ГРС-Ч с. [REDACTED]. Ежедневная доставка рабочих на место производства осуществляется автомобилем «ЛиАЗ-5292». Расход топлива составляет 29л./100 км. За период требуется совершить 8 рейсов. Произведём расчет затрат по ежедневной доставке к месту проведения работ.

$$P_T = \frac{P}{100} \cdot P_{TЛ} = 11,6 \text{ л.} \quad (41)$$

P_m – расход топлива, л;

P – расстояние, км;

$P_{TЛ}$ – расход топлива, л/100 км.

$$З_{дт} = P_T \cdot C_{дт} = 11,6 \cdot 37,9 = 439,64 \text{ руб.} \quad (42)$$

$З_{дт}$ – затраты на дизельное топливо, руб.;

P_T – расход топлива, л;

$C_{дт}$ – стоимость 1л дизельного топлива.

При проведении работ связанных с подвозкой и разгрузкой оборудования будет использован бортовой грузовик с манипулятором «КамАЗ-65117-030-62» с расходом топлива 36л/100 км, а также расхода топлива во время работы самого крана 9,3 л. /1 час.

Количество рейсов для грузовика составляет – 1 рейс, от промышленной площадки до места проведения работ и обратно.

$$P_T = \frac{P}{100} \cdot P_{TЛ} = 1,1 \text{ л} \quad (43)$$

P_m – расход топлива, л;

P – расстояние, 2 км;

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		65

P_{T_l} – расход топлива, л/100 км.

$$З_{дт} = P_T \cdot C_{дт} = 1,1 \cdot 37,9 = 44,69 \text{ руб.} \quad (44)$$

$З_{дт}$ – затраты на дизельное топливо, руб;

P_T – расход топлива, л;

$C_{дт}$ – стоимость 1л дизельного топлива.

Грузовик с манипулятором необходим на время погрузки и разгрузки необходимых материалов и оборудования – 1 час. Расход топлива в режиме автокрана:

$$P_{T_{ак}} = T \cdot ЛЧ = 1 \cdot 9,3 = 9,3 \text{ л.} \quad (45)$$

$P_{T_{ак}}$ – расход топлива в режиме автокран, л;

T – время работы автокрана, ч;

$ЛЧ$ – расход топлива в режиме автокрана, л/час.

$$З_{дт} = P_T \cdot C_{дт} = 9,3 \cdot 37,9 = 352,5 \text{ руб.} \quad (46)$$

$З_{дт}$ – затраты на дизельное топливо, руб;

P_T – расход топлива, л;

$C_{дт}$ – стоимость 1л дизельного топлива.

Затраты на ежедневную доставку рабочих к месту проведения работ, а также суммарные затраты на использование спецтехники представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на спецтехнику

Наименование	Ед. изм.	Расчёт
Количество рейсов	шт.	8
Расстояние одного рейса	км.	5 км
Расход топлива на перевозку рабочих	л.	11,6
Затраты на перевозку рабочих	руб.	439,64
Расход топлива на использование грузовика с автокраном	л.	10,4
Затраты на использование грузовика с автокраном	руб.	397,2
Общая стоимость затрат на спецтехнику	руб.	836,83

Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						66

6.6 Сводная смета затрат

Существуют различные методы расчета сметной стоимости работ. Основными из них являются: ресурсный метод, ресурсно-индексный, базисно-индексный, базисно компенсационный.

В данной работе использовался ресурсный метод. Суть его заключается в калькулировании ресурсов в текущих ценах и тарифах. При составлении смет использовались натуральные измерители расхода материалов и конструкций, затрат времени эксплуатации машин и оборудования, затраты труда рабочих, а цены на указанные ресурсы принимаются текущие (т.е. на момент составления смет). Использование данного метода позволяет определить сметную стоимость объекта на любой момент времени.

Основу сметного расчёта составляют затраты на материальные ресурсы, затраты на спецтехнику и трудовые затраты на заработную плату. Сводный сметный расчет затрат на реконструкцию ГРС представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Сводный сметный расчет затрат на строительство

№ п/п	Наименование	Наименование работ	Единицы измерения	Результат
1	Контрагентные услуги	проведение энергетического обследования	руб.	360000
		разработка технического задания и ТЭО		272000
		разработка конструкторской документации		224000
		Изготовление и испытание установки		280000
		разработка проекта внедрения установки на ГРС		220000
		Осуществление контроля пусконаладочных работ		85000
2	Затраты на материалы и оборудование	ДГА «Турбосфера»	руб.	30000
		Система подвода газа высокого давления		110000
		Система подвода газа низкого давления		110000
		Система подвода греющего теплоносителя		60000

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		67

Продолжение таблицы 17

		Система отвода греющего теплоносителя		60000
		Система рекуперации электроэнергии		50000
		Система аккумулирования		30000
3	Затраты на спецтехнику	Затраты на перевозку рабочих	руб.	439,64
		Затраты на использование грузовика с автокраном		836,83
4	Средства на оплату труда		руб.	
	Начальник участка			9438
	Электрогазосварщик			2045
	Монтажник			6292
	Электромонтёр			7550
	Специалист КИПиА			4404
5	Командировочные расходы рабочих		руб.	
	Суточные			9350
	Стоимость проживания			10200
Средства на оплату контрагентных услуг			руб.	1441000
Затраты на материалы				3420000
Затраты на спецтехнику				837
Средства на оплату труда				29729
Командировочные расходы				19550
Общая стоимость работ				руб.

Общая стоимость затрат на выполнение основных работ по реконструкции ГРС «Урожай-20» с. [REDACTED], посредством внедрения детандер–генератора «Турбосфера» составит 4911116 руб.

Структура затрат при выполнении ремонтных работ представлена на рисунке 29.

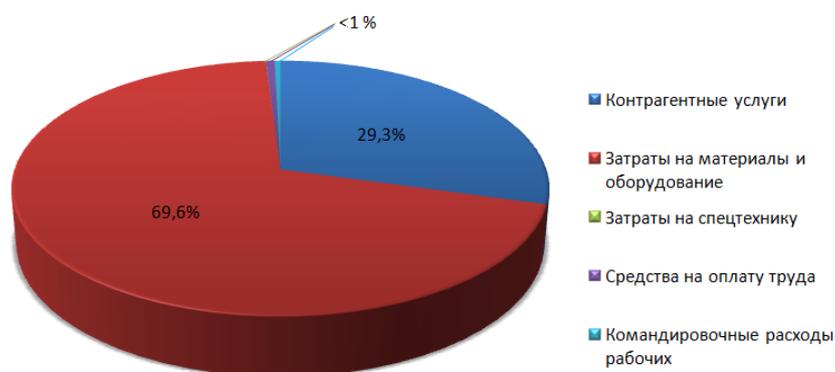


Рисунок 29 – Структура затрат в процентном соотношении

Как можно увидеть на рисунке 28 наибольшую часть затрат при

проведении реконструкции составляют затраты на приобретение материала и оборудования, а также на контрагентные услуги.

6.7 Оценка эффективности

Потребляемая мощность ГРС «Урожай-20» с. [REDACTED] составляет 20 кВт·ч. ДГА «Турбосфера» способен вырабатывать от 15 до 500 кВт·ч электроэнергии при пропускной способности от 500 до 50 000 м³/ч. В связи с этим наиболее выгодным решением является внедрении ДГА на узле редуцирования в направлении с. [REDACTED], так как пропускная способность данного направления составляет 20000 м³/ч, что обеспечит необходимую выработку электроэнергии для автономности ГРС.

Таблица 18 – Оценка эффективности внедрения ДГА «Турбосфера» на ГРС

Потребляемая мощность ГРС «Урожай-20», кВт·ч	20
Вырабатываемая мощность ДГА «ТурбоСфера» в летний период, кВт·ч	20
Средняя вырабатываемая мощность ДГА «ТурбоСфера» с сентября по май, кВт·ч	128,4
Тариф на электроэнергию в Томской области на текущий период, руб./кВт·ч	2,28
Годовая вырабатываемая мощность ДГА «ТурбоСфера», кВт·ч в год	875 232
Годовая экономия электроэнергии при внедрении ДГА «ТурбоСфера», руб.	1 995 332
Затраты на внедрение ДГА «ТурбоСфера», руб.	4 911 116
Окупаемость, год	2-3

6.8 Вывод

В выпускной квалификационной работе был произведен технико-экономического расчёт, необходимый для учёта всех затрат на проведение реконструкции узла редуцирования газа, посредством внедрения детандер-генераторного агрегата «Турбосфера» на ГРС-Ч «Урожай-20».

Расчёт затрат выполнен с использованием натуральных измерителей расхода материалов и конструкций, затрат времени эксплуатации машин и оборудования, затраты труда рабочих и с учётом текущих актуальных цен и тарифов.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		69

Общая стоимость затрат на выполнение основных работ по реконструкции ГРС «Урожай-20», посредством внедрения детандер-генератора «Турбосфера» составит 4911116 руб. Наибольшая часть затрат приходится на контрагентные услуги (1441 тыс. руб.) и на затраты связанные с приобретением материала и оборудования (3420 тыс. руб.).

Также была произведена оценка экономической эффективности проекта внедрения детандер-генераторной технологии. Суммарные годовые затраты электроэнергии на ГРС малой производительностью, с учётом частичным потреблением электроэнергии рядом располагающихся объектов составляет 1098,5 тыс. руб. При внедрении детандер-генераторного агрегата «Турбосфера» общей стоимостью затрат 4911,1тыс. руб., срок окупаемости данной технологии составит 2 –3 года.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		70

7. Социальная ответственность

7.1 Введение

В связи с тенденцией повышения ресурсоэффективности газотранспортной системы возникает потребность в детандер–генераторных агрегатах, способных заменить функцию стандартных регуляторов давления на газораспределительных станциях. Целью ВКР является выбор наиболее оптимального детандер–генераторного агрегата для использования потенциала природного газа на газораспределительной станции.

В данном разделе ВКР объектом исследования являются вредные и опасные факторы, которые действуют или могут появиться в результате внедрения детандер–генераторного агрегата «ТурбоСфера» на газораспределительной станции «Урожай-20» расположенной в с. [REDACTED], [REDACTED] район, Томская область.

Планируется выработка электроэнергии при помощи детандер–генераторного агрегата, за счёт стандартного технологического процесса редуцирования газа на ГРС, что повысит ресурсоэффективность газотранспортной системы в целом.

Как любая технологическая операция, реконструкцию ГРС, посредством внедрения детандер–генераторного агрегата, нуждается в строгом нормировании условий труда и мероприятий по уменьшению воздействий вредных и опасных факторов.

В данном разделе ВКР выполнен прогноз возможных негативных последствий производственной деятельности и охарактеризованы намеченные к реализации мероприятия для снижения негативного

					Применение детандер–генератора для повышения ресурсоэффективности газораспределительной станции магистрального газопровода			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Патракеев В.О.		01.06.18	Социальная ответственность	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		18.05.18		ДР	71	90
Консульт.		Абраменко Н.С.		01.06.18		ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

воздействия на компоненты окружающей среды, также проанализированы основные мероприятия, правила и требования соблюдения производственной и экологической безопасности при эксплуатации и реконструкции газораспределительной станции.

7.2 Производственная безопасность

В данном разделе рассмотрим основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при эксплуатации и реконструкции ГРС в таблице 19.

Таблица 19 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Ремонтные работы: 1. Электромонтажные работы; 2. Слесарные работы; 3. Сварочно-монтажные работы.	1. Отклонение показателей микроклимата в рабочей зоне		ГОСТ 12.1.005- 88[44] СанПиН 2.2.4.548 – 96[55]
	2. Работа с токсичными и вредными веществами		ГОСТ 12.1.007– 76[45] ГН 2.2.5.1313 – 03.[56]
	3. Повышенный уровень шума на рабочем месте;		ГОСТ 12.1.003-2014[43] ГОСТ 12.1.012-2004[46] СН2.2.4/2.1.8.562–96[52] СП 51.13330.2011[53]
	4. Недостаточная освещенность		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [57]
		1. Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.038–82[47] ГОСТ 30852.19 – 2002[58]
		2. Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением	ПБ 03-576-2003[51] ГОСТ 12.2.003–91 [48] ГОСТ 12.2.061-81 [49] ГОСТ 12.3.002–2014[50]

7.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

При эксплуатации и реконструкции газораспределительной станции сотрудники подвергаются воздействию следующих вредных производственных факторов (таблица 18). Рассмотрим нормативные значения этих факторов и мероприятия, на минимизацию их воздействия.

Отклонение показателей микроклимата в рабочей зоне

Такие условия, как относительная влажность, интенсивность теплового излучения от нагретых поверхностей, барометрическое давление, скорость движения и температура воздуха также имеют немаловажное значение. Все они влияют как на здоровье и самочувствие человека, так и на его работоспособность. Для создания благоприятных для работы человека условий необходимо добиться оптимального сочетания этих факторов, а неверный их подбор способен причинить вред здоровью.

Для поддержания микроклимата в помещениях на газораспределительной станции используются система отопления, интенсивность работы которой регулируется изменением режима работы водонагревательного котла, и система вентиляции. Так, согласно СанПиН 2.2.4.548 – 96, на рабочем месте должна поддерживаться температура от +21 до +23°C в холодное время года и от +22 до +24 – в теплое. Относительная влажность должна находиться в пределах от 40 до 60%, а скорость движения воздуха не должна превышать 0,2 м/с [55].

Работа с токсичными и вредными веществами

На газораспределительной станции присутствуют вещества, с которыми выполняют различные технологические операции, К вредным веществам, которые оказывают неблагоприятное воздействие на

					Социальная ответственность	Лист
						73
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

человеческий организм относятся в первую очередь: природный газ, одорант (меркаптаны, этилмеркаптаны) и метанол. [45]. К веществам, неблагоприятно влияющим на здоровье человека можно отнести следующие: углеводороды, углекислый газ, сероводород, синильная кислота. Их предельно допустимые концентрации и классы опасности приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, появление которых возможно в рабочей зоне ГРС [56]

Вещество	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Класс опасности
Углекислый газ	9000	IV
Углеводороды C1–C10	300	IV
Сероводород	10	IV
Метанол	5	III
Сероводород в смеси с УВ	3	III
Меркаптаны	1	II
Синильная кислота	0,3	I

Мероприятия по снижению загазованности и защиты организма человека:

1. Исключение источников появления вредных веществ (соблюдение правил эксплуатации, противокоррозионная защита, своевременная замена уплотнений оборудования и запорной арматуры).
2. Применение газоанализаторов для контроля загазованности.
3. Вентилирование помещений, в которых возможно появление вредных веществ, для снижения их концентрации в воздухе рабочей зоны.
4. Использование средств индивидуальной защиты (противогазы, респираторы, спецодежда, изолирующие костюмы, рукавицы, перчатки, очки, маски).

Повышенный уровень шума

Рабочий процесс на газораспределительной станции происходит в условиях повышенного шумового фона. Источником шума являются процессы, происходящие с газом в регуляторах давления и сужающих устройствах, деталях–генераторных агрегатах. Уровень шума выше

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		74

нормированных значений оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека и результат его работы. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха, может являться причиной его потери, изменяет кровяное давление, ухудшает зрение, нарушает координацию движений [52]. Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 нормированный уровень шума – 80 дБ А [43].

Методы снижения уровня шума в рабочей зоне газораспределительной станции:

1. Расположение оборудования, являющегося источником шума, в отдельных блоках и зданиях, стены которых выполняются из материалов, обеспечивающих необходимую звукоизоляцию.
2. Применение средств дистанционного управления рабочим процессом, которые исключают необходимость длительного присутствия рабочего персонала в зоне воздействия акустического шума. обслуживающего персонала продолжительное время находится в зоне воздействия.
3. Использование средств индивидуальной защиты. Согласно инструкциям по технике безопасности предприятия применяются вкладыши, представляющие собой мягкие тампоны, пропитанные смесью парафина и воска, жесткие вкладыши из резины, звукоизолирующие наушники, звукоизолирующие шлемы.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещенность рабочих мест оказывает значительное влияние на рабочий процесс. Чрезмерное или же недостаточное освещение может привести к негативным последствиям для здоровья персонала, снижает производительность труда вследствие ухудшения условий работы.

Необходимые условия освещенности достигаются путем использования как естественного, так и искусственного освещения. Естественное освещение в производственных помещениях

					Социальная ответственность	Лист
						75
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

газораспределительной станции обеспечивается наличием необходимого количества окон, но это осуществимо только в дневное время. Для поддержания освещенности в пределах норм темное время суток пользуются искусственным освещением, светильники которого должны быть выполнены во взрывозащищенном исполнении. Во время ремонтных работ используется местное освещение. Для этого применяются переносные светильники на аккумуляторе во взрывозащищенном исполнении [57].

Также должны быть использованы аварийное освещение для продолжения работы при отключении рабочего освещения (используются лампы, для которых применяется автономное питание электроэнергией).

7.2.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Поражение электрическим током

Рассмотрим опасные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при эксплуатации и реконструкции газораспределительной станции, а также проведем анализ нормативных значений этих факторов и мероприятий, направленных на снижение или устранение этих факторов

Опасность поражения электрическим током присутствует при работе с любым электрооборудованием. На станции к электрической сети подключены: детандер–генераторный агрегат, система рекуперации электроэнергии, насос отопительной системы, контрольно-измерительные приборы, системы охранной, пожарной и аварийной сигнализации, система автоматического управления газораспределительной станции, источники освещения, оборудование защиты от коррозии, бытовое оборудование в обеденном помещении, АРМ оператора [58].

Причины поражения электрическим током: прикосновение к

					Социальная ответственность	Лист
						76
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

токоведущим элементам, ошибочные действия персонала, нарушение изоляции токоведущих элементов, метеорологические условия (удар молнии), авария.

Меры защиты:

1. Применение защитного зануления, защитного заземления, защитного отключения.
2. Обеспечение изоляции, ограждение и недоступность электрических цепей.
3. Использование предупредительных плакатов и знаков безопасности.
4. Установка молниеотводов.
5. Проведение инструктажей и обучения персонала безопасным методам работы с электроприборами.
6. Использование средств индивидуальной защиты: диэлектрических перчаток и бот, диэлектрических резиновых ковров, инструментов с изолированными ручками.

Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением

Основная опасность при эксплуатации трубопровода и другого оборудования заключается в возможности их разрушения под действием давления рабочей среды (физический взрыв). При физическом взрыве энергия сжатой среды в течение малого промежутка времени реализуется в кинетическую энергию осколков разрушенного сосуда и воздушную ударную волну. При этом осколки могут разлетаться на несколько сотен метров и при соударении с технологическим оборудованием, емкостями вызвать их разрушение, приводя к возможности возникновения взрывов и пожаров и гибели людей.

Оборудование, работающее под давлением, должно быть рассчитано с учетом нагрузок возникающих во время его эксплуатации, и

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		77

прогнозируемых отклонений от них.

Во избежание разрушения трубопровода под действием давления, он должен подвергаться техническому диагностированию, неразрушающему, разрушающему контролю, в том числе до выработки ими назначенного ресурса (срока службы), в соответствии с требованиями, установленными в руководстве (инструкции) по эксплуатации, производственных инструкциях и иных распорядительных документах, принятых в эксплуатирующей организации.

В случае аварии трубопровод должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом в случаях, предусмотренных инструкцией [51].

7.3 Экологическая безопасность.

Воздействия объекта на атмосферу

Загрязняющие вещества могут попадать в атмосферу при нарушениях в работе детандер–генератора, износе его уплотнений, повышении давления в трубопроводе и оборудовании выше допустимых пределов, вследствие чего часть газа сбрасывается в атмосферу через свечу путем открытия предохранительных клапанов, испарения части одоранта во время его перемещения из емкости, в которой он транспортировался в емкость его хранения. В атмосферу могут попасть такие вещества, как легкие газообразные углеводороды (метан, этан, пропан, бутан), сероводород, этилмеркаптан [44].

Мероприятия по защите атмосферы:

1. Проверка оборудования на прочность и герметичность.
2. Неукоснительное соблюдение согласованных технологических режимов работы оборудования.
3. Своевременная замена уплотнений оборудования и запорной арматуры.

					Социальная ответственность	Лист
						78
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

4. Использование системы контроля загазованности.

Воздействия объекта на гидросферу

При эксплуатации газораспределительной станции некоторые загрязняющие вещества, такие как, например, метанол, масла, одорант, могут нанести вред гидросфере, попав в сточные воды. Причиной этого могут послужить ремонтные работы, несоблюдение правил эксплуатации оборудования, износ уплотнений оборудования, сосудов, запорной арматуры, аварии.

Для защиты гидросферы следует соблюдать определенные требования и прибегать к превентивным мерам:

1. Исключение появления источников утечки вредных веществ (соблюдение правил эксплуатации, противокоррозионная защита, своевременная замена уплотнений оборудования и запорной арматуры).
2. Своевременная уборка отходов в специально отведенные места с дальнейшей транспортировкой до мест переработки.

Воздействия объекта на литосферу

При осуществлении любой производственной деятельности на литосферу среду оказывается негативное воздействие, связанное с образованием большого количества отходов производства. Задача персонала состоит в сведении к минимуму возможных последствий этого воздействия.

Мероприятия по уменьшению негативного влияния на литосферу:

1. Все отходы подлежат селективному сбору, временному хранению на специально отведенных площадках в соответствии с проектом нормативов образования и лимитов размещения отходов и передаче на утилизацию специализированным организациям в соответствии с заключенными договорами.
2. Проверка оборудования на прочность и герметичность.

					Социальная ответственность	Лист
						79
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

3. Неукоснительное соблюдение согласованных технологических режимов работы оборудования.
4. Своевременная замена уплотнений оборудования и запорной арматуры.

Воздействия объекта на селитебную зону

Опасные производственные объекты, в число которых входит и ГРС должны располагаться на достаточном для обеспечения безопасности населения и невозможности проникновения на объект расстоянии от жилых зон.

Для этого применяют следующие меры:

1. Газораспределительная станция располагается на максимально возможном рациональном удалении от населенных пунктов или жилых зон.
2. Вокруг газораспределительной станции организуется санитарно-защитная зона шириной 100м.
3. Территория огораживается по периметру.
4. Устанавливается видеонаблюдение и периметральная охранная сигнализация.
5. Устанавливаются специальные информационные и запрещающие знаки.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

На газораспределительной станции наиболее возможная чрезвычайная ситуация — это пожар или взрыв. В основе аварий могут лежать как технические причины (износ оборудования, его разрушение, нарушение технологического процесса, отказ электроники и механических средств предотвращения появления опасных факторов, таких как повышение давления), так и человеческий фактор.

Для того, чтобы уменьшить возникновения ЧС и повысить устойчивость объекта проводятся следующие мероприятия:

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		80

1. Организация технической диагностики оборудования, коммуникаций, их техническое обслуживание и ремонт.
2. Использование современных приборов контроля и сигнализации.
3. Проведение периодических и внеочередных инструктажей с обслуживающим персоналом, медицинских обследований работников на предмет соответствия их здоровья установленным требованиям.
4. Соблюдение всех правил и требований работы с оборудованием, неукоснительное соблюдение согласованных технологических режимов работы оборудования.

Действия персонала ГРС при ЧС:

1. Сообщить оператору ГРС;
2. Доложить руководству о чрезвычайной ситуации на газопроводе;
3. Локализовать место аварии (закрыть запорную арматуру в аварийной части газопровода);
4. Сообщить в местное управление ГО и ЧС;
5. При угрозе жизни покинуть место ЧС.

7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с нормативными документами, к работе на газораспределительной станции допускаются только лица, достигшие 18-летнего возраста, которые прошли медицинский осмотр и не имеют противопоказаний, обученные безопасным методам ведения работы, прошедшие инструктаж на рабочем месте и получившие допуск к самостоятельной работе [9].

В федеральном законе РФ от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», указано, что с вредными условиями труда сталкиваются рабочие на предприятиях горной и угольной промышленности, на металлургическом и абразивном производстве, в нефтяной и химической

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		81

промышленности [59].

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливается на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия. Законодательно предусмотрено, что люди, работающие в опасных условиях, могут получать такие гарантии и компенсации [60]:

- уменьшение количества рабочих часов (36 часов в неделю и меньше),
- оплачиваемый отпуск, являющийся дополнительным и предоставляемым каждый год (не меньше 7 календарных дней),
- происходит рост оплаты труда (не меньше 4% от оклада),
- льготы для пенсионного обеспечения,
- бесплатное лечение и оздоровление,
- выдача расходных материалов – спецодежды, обеззараживающих средств.

Для наиболее безопасного и эффективного ведения работ рабочее место должно быть правильно организовано. Это касается как расположения предметов на рабочем столе, так и расстановки оборудования на всей территории газораспределительной станции. Должен быть обеспечен наиболее удобный и быстрый доступ к оборудованию. Также необходимо обеспечить рациональное размещение зданий и сооружений ГРС.

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		82

Заключение

В выпускной квалификационной работе:

1. На основании литературного обзора по применению детандер–генераторной технологии выбран детандер–генераторный агрегат «ТурбоСфера» для его использования на ГРС типа «Урожай-20».
2. Определена схема внедрения ДГА «ТурбоСфера».
3. Рассчитана максимальная мощность ДГА «ТурбоСфера» (304,5 кВт·ч).
4. Показано, что сезонная вырабатываемая мощность ДГА составляет от 37,75 до 249,5 кВт·ч, что превышает необходимой норму электроэнергии для ГРС и допускается для рационального применения.
5. Проведена оценка стоимость выполнения основных видов работ (4911,1 тыс. руб.) при сроке окупаемости внедрения технологии не более 3 лет.

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Применение детандер–генератора для повышения ресурсоэффективности газораспределительной станции магистрального газопровода		
Разраб.		Патракеев В.О.		01.06.18			
Руковод.		Чухарева Н. В.		01.06.18	ДР	83	90
Консульт.					ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		01.06.18			
					Заключение		

9. ВРД 39-1.10-069-2002. Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов. [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://gostbank.metaltorg.ru/vrd> (дата обращения: 16.02.18).
10. Карякина Е. А. Промышленное газовое оборудование: справочник, 6-е изд., перераб. и доп./ -Саратов: Газовик, 2013. - 328с. ISBN 978-5-9758-1209-4
11. Данилов А.А. Автоматизированные газораспределительные станции: Справочник.-СПб.:ХИМИЗДАТ,2004.
12. Шур И.А. Газорегуляторные пункты и установки / -Ленинград: Недра, 1985. – 288 с.
13. Агабаров В.С. Оценка эффективности использования детандер – генераторного агрегата для получения электроэнергии // Энергоснабжение и водоподготовка.–2001.-№2.-С.13-18.
14. Агабаров В.С., Корягин А.В., и др. Использование детандер–генераторных агрегатов в промышленности // Энергоснабжение в Поволжье.-2000.-№3.с.89-91
15. Агабаров В.С. О применение детандер-генераторных агрегатов в газовой промышленности // Сборник «энергосбережение и энергосберегающие технологии газовой промышленности».-М.,2001. Том 2-с.50-53.
16. Аракелян Э.К., Кудрявый В.В., Гуськов Ю.Т., Степанец А.А и др. Влияние детандер-генераторных агрегатов на тепловую экономичность ТЭЦ//Электрические станции.-197.спец.выпуск.-С.77-82
17. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник. Книга 4 / под редакцией В.А. Григорьева, В.М. Зорина.-М: Энергоатомиздат, 1991.-586 с.
18. А.П. Верболоз. Поршневые детандеры на базах с прицепными

					Список использованных источников	Лист
						85
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

шатунами: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.04.03 / С.-Петерб. гос. ун-т низкотемператур. и пищевых технологий. - Санкт-Петербург, 2002. - 16 с.

19. Столяров А.А. Состояние и перспективы применения турбодетандеров для установок разделения природных газов // Подготовка и переработка газа и газового конденсата// ВНИИЭгазпром.-1983.-Вып.2.-С.12-16..
20. Давыдов А.Б., А.Ш. Кобулашвили, А.Н. Шерстюк. Расчёт и конструирование турбодетандеров // Машиностроение, 1987.с.232.
21. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: учебное пособие для вузов //2-е изд., перераб.–М.: Энергоиздат, 1981.320 с.
22. Атрощенко В.И. и др. Курс технологии связанного азота. Под ред.чл.-корр. АН. УССР Атрощенко В.И. ИИзд. 2-е,пер и доп. Инд. 3-14-3.
23. Бродянский В.М, Меерзон Ф.И. Производство кислорода. Изд-во «Металлургия», 1970, 2-3 изд., 384с.
24. СТО Газпром 2-3.5-051-2006 Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов.
25. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.
26. Соловьев, Р. В. Определение эффективности детандер–генераторных агрегатов при использовании вторичных энергетических ресурсов промышленных предприятий: диссертация кандидата технических наук : 05.14.04 / Соловьев Роман Валерьевич; [Место защиты: Моск. энергет. ин-т]. - Москва, 2010. - 167 с. : ил.
27. Джураева, Е. В. Исследование схем использования детандер-генераторных агрегатов в энергетике и системах газоснабжения: диссертация ... кандидата технических наук : 05.14.01. - Москва, 2005. - 155 с.:ил.

					Список использованных источников	Лист
						86
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

28. Агабаров В.С. О применение детандер–генераторных агрегатов в газовой промышленности // Сборник «энергоснабжение и энергосберегающие технологии в энергетике газовой промышленности»- М. 2001.Том 2-С.50-63.
29. С.К. Моисеев Применение утилизационных турбодетандерных установок для производства электроэнергии на ГРС, КС ДК “Укртрансгаз” и ведомственных ГРП промышленных предприятий // Электронный журнал энергосервисной компании «экологические системы». – 2003.-№6.-С.45-53.
30. Турбодетандерная техника и нефтегазопромысловое оборудование. ПАО «Турбогаз». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.turbogaz.com.uaf> (дата обращения 15.02.2018г.).
31. Кудряый В.В., Гуськов Ю.Л. и др. Испытание детандер–генераторного агрегата на ТЭЦ-21 АО «Мосэнерго»// Вестник МЭИ.-2001-№2.С.16-20.
32. Аракелян Э.К. и др. Влияние детандер–генераторных агрегатов на тепловую экономичность ТЭЦ. Спецномер производственно-технического журнала "Электрические станции". 1997.
33. Агабаров В.С., Джураева Е.В., Корягин В.А. и др. Сравнение различных способов подогрева газа в детандер–генераторных агрегата на ТЭЦ// Вестник МОИ.-2003.-N 5-С.101-103.[3].- 3.-560
34. Полезная модель 2009389 RU, МПК F17D1/04, F01K23/06. Газораспределительная станция с энергетической установкой/ В.Н. Шпак -4с.:ил.
35. Полезная модель 11574 RU, МПК F04L27/00. Способ работы газотурбинной установки / Гуров В.И., Губанок И.И., Макаров В.Г. - 4с.: ил
36. Кожиченков, В.С. Повышение надежности электроснабжения

					Список использованных источников	Лист
						87
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

конечных потребителей за счет применения детандер–генераторных установок на станциях понижения давления газа в Москве: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.С. Кожиченков. – М., 2012. – 20 с.

37. Урванов С.В., Кондрашова Ю.Н., Газизова О.В., Скворцов Д.С. Разработка и исследование существующих методов применения детандер–генераторного агрегата для ГРС с использованием в качестве системы подогрева газа тепловой насосной установки.// Вестник Южно–Уральского государственного университета, том12.№2.2017.с.5-13.
38. Гидро- и пневмотехнологии, энергетические системы, энергосбережение. ООО «ФлуитекСистемз» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fluitech.com.ua/ru/product/katalog-12/209.html> . (дата обращения 10.01.2018г.).
39. Сертификат соответствия ТС RU C-RU.ME92.B.00430. Турбодетандерные установки типа ТДУ (исполнения ТДУ-2, ТДУ-3, ТДУ-5) с маркировкой взрывозащиты согласно Приложению (бланк № 0151350) выпускаемые по техническим условиям ТУ 3437-024-33904627-2014
40. Инновационные энергосберегающие технологии и оборудование. ООО «Турбоэнерджи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ts.energy/turbogeneratornye-ustanovki-turbosfera>. (дата обращения 11.01.2018г.).
41. Пат. 88781 Российская Федерация. Детандер–генераторная установка / Агабабов В.С., Байдакова Ю.О, Зенкина У.И.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)». –№ 2009127053/22; заявл
42. Колесников И. М. Термодинамика физико-химических процессов / учебное пособие по курсу «Физическая химия». – М.: Государственная академия нефти и газа им. И.М. Губкина, 1992, 289 с., с ил.

					Список использованных источников	Лист
						88
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

43. ГОСТ 12.1.003–2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2015.
44. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ, 1989. – 49 с.
45. ГОСТ 12.1.007–76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 1977. – 7 с.
46. ГОСТ 12.1.012–2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования – М.: Стандартиформ, 2008. –20 с.
47. ГОСТ 12.1.038–82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. М.: Стандартиформ, 1983. – 7 с.
48. ГОСТ 12.2.003–91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. М.: Стандартиформ, 1992. – 11 с.
49. ГОСТ 12.2.061-81. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. М.: Стандартиформ, 1982. – 4 с.
50. ГОСТ 12.3.002–75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности. М.: Стандартиформ, 1976. – 12 с.
51. ПБ 03-576-2003. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением / Утверждён постановлением Ростехнадзора России от 11.06.03 №91, 19.06.2003.
52. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Минздрав РФ, 1996. – 7 с.
53. СП 51.13330.2011. Защита от шума и акустика залов. – М.: Проспект, 2016. – 64 с.
54. Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. М.:

					Список использованных источников	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- Стандартинформ, 2009. – 113 с.
55. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
 56. СТО Газпром 041-2008. Газ горючий природный, конденсат газовый и продукты их переработки. Термины и определения / Утверждён ОАО «Газпром» Распоряжением 282, 17.09.2008.
 57. ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельные допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М., 2003. – 268 с.
 58. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Деан, 2003. – 48 с
 59. ГОСТ 30852.19 – 2002. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации электрооборудования. – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
 60. Федеральный закон от 28.12.2013 №426 – ФЗ, О специальной оценке условий труда. – М.: МЦФЭР, 2014. – 120 с.
 61. Постановлении Правительства РФ от 29.03.2002 № 188 (ред. от 08.10.2014)
 62. А.А. Александров. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок». М.: Издательство МЭИ. 2004.г
 63. Мальханов О.В. Разработка технологических схем и методов расчётов энергосберегающих турбодетандерных установок: диссертация кандидата технических наук: 05.14.04 [Место защиты: Моск. гос. открытый пед. ун-т им. Шолоххова]. – Москва, 2009. – 24 с.
 64. СП 36.13330.2012. Свод правил. Магистральные трубопроводы. (утв. Приказом Госстроя от 25.12.2012 N 108/ГС) (ред. от 18.08.2016).

					Список использованных источников	Лист
						90
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		