

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
Улучшение характеристик компрессорной станции для оптимизации режима работы *****ой газотранспортной системы

УДК 622.691.004:621.515(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Т01	Косых Виталий Геннадьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ТХНГ	Рудаченко Александр Валентинович	Кандидат технических наук, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вазим Андрей Александрович	Кандидат экономических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гуляев Милий Всеволодович	Доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ТХНГ	Рудаченко Александр Валентинович	Кандидат технических наук, доцент		

Томск – 2016 г.

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 130501 «Проектирование, сооружение
и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Рудаченко А.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной работы

Студенту:

Группа	ФИО
З-2Т01	Косых Виталий Геннадьевич

Тема работы: Улучшение характеристик компрессорной станции для оптимизации режима работы *****ой газотранспортной системы

Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 05.04.2016 г. № 2615/с
---	---------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2016г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	– ***** газотранспортная система – характеристика компрессорной станции «*****» – прогноз изменения объемов поставки и потребления газа в *****ой газотранспортной системе
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Выбор и обоснование комплекса мер по улучшению эксплуатации газоперекачивающих агрегатов компрессорной станции для оптимизации режима работы ***** ГТС
---	--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ТХНГ	Рудаченко Александр Валентинович	Кандидат технических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Т01	Косых Виталий Геннадьевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Т01	Косых Виталий Геннадьевич

Институт	ИПР	Кафедра	ТХНГ
Уровень образования	специалист	Направление/специальность	130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

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

1. Стоимость ресурсов исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, человеческих	- стоимость работ и материально-технических ресурсов по переоснащению компрессорной станции
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерных решений (ИР)	- прогноз уровня инфляции, роста тарифов на электроэнергию, цен на газ; - определение итоговой стоимости реконструкции и технического перевооружения компрессорной станции
2. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	- Расчет экономической эффективности
3. Оценка ресурсосбережения	- Расчет ресурсосбережения

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вазим Андрей Александрович	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Т01	Косых Виталий Геннадьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Т01	Косых Виталий Геннадьевич

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Транспорта и хранения нефти и газа
Уровень образования	Специалист (инженер)	Направление/специальность	«Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Оптимизация режима работы ГТС путем изменения характеристик компрессорной станции «*****». Объект предназначен для транспортировки природного газа по магистральному газопроводу «*****».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации компрессорной станции «*****» и разработке оптимизированного режима работы ГТС	Вредные факторы 1. Недостаточная освещенность 2. Воздействие шума 3. Электромагнитное излучение, создаваемое ПЭВМ
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при эксплуатации компрессорной станции «*****» и разработке оптимизированного режима работы ГТС	1. Взрывоопасность и пожароопасность 2. Поражение электрическим током
2. Экологическая безопасность:	Эксплуатация компрессорной станции сопровождается: – отводом в атмосферу выхлопных газов ГПА; – стравливанием природного газа; – отводом в атмосферу продуктов сгорания подогревателей газа.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Чрезвычайные ситуации на магистральном газопроводе могут возникнуть в результате внезапной разгерметизации линейной части.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ СТО Газпром 2-3.5-454-2010 СТО Газпром 8-004-2013 ВРД 39-1.8-055-2002 Инструктирование и обучение

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гуляев М.В.	доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Т01	Косых Виталий Геннадьевич		

Оглавление

Реферат	9
Введение	10
1. Краткий обзор основных вопросов диспетчерского управления газотранспортным предприятием	12
1.1 Системы поддержки принятия диспетчерских решений, назначение и решаемые задачи	12
1.2 СППР на основе программно-вычислительных комплексов «*****» и «*****»	27
1.3 Перспективы развития СППР	30
2 Основные сведения о системе диспетчерского управления ООО «*****»	32
2.1. Краткое описание и структура предприятия	32
2.2. Диспетчерское управление. Основные функции и решаемые задачи	34
2.3. Особенности диспетчерского управления при разных режимах работы газотранспортной системы	38
2.3.1 Режимы работы *****ой газотранспортной системы	38
2.3.2 Реверсивный режим работы ГТС	40
2.3.3 Компрессорные станции. Назначение, структура и роль в диспетчерском управлении ГТС	41
2.3.4 Особенности режима работы КС «*****» в летний период	44
3 Расчетная часть	48
3.1 Расчетная модель комплекса КМО «*****»	50
3.2 Исходные данные	52
3.3 Гидравлический расчет	55
3.4 Оптимизация режима работы ГТС с помощью КМО «*****»	55
4 Экономическая часть	57
4.1 Прогноз уровня инфляции, роста тарифов на электроэнергию, цен на газ	57
4.2 Расчетный период	58
4.3 Потребность в инвестициях	58
4.4 Показатели экономической эффективности	63
5. Социальная ответственность	65
5.1. Анализ производственных факторов	66
5.2. Анализ опасных производственных факторов	67
5.3. Меры, направленные на устранение опасных факторов	69
5.4. Критерии для классификации взрывоопасных зон	70
5.5. Экологическая безопасность	72
5.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Косых В.Г.			Оглавление			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Рудаченко А.В.								7	87	
Консульт.								группа з-2Т01				
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.										

5.7 Правовые и организационные формы обеспечения безопасности	78
Заключение	79
Используемые сокращения	81
Список использованной литературы	82
Приложение 1	85
Приложение 2	86
Приложение 3	87

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Реферат

Дипломная работа содержит 86 л., 15 рис., 9 табл., 32 источника, 3 приложения.

Рассматриваются состояние и перспективы развития автоматизированной системы диспетчерского управления газотранспортного предприятия.

Излагаются системные принципы автоматизированного диспетчерского управления газотранспортной системой.

Рассматриваются актуальные для управления газотранспортными системами проблемы по созданию современных систем поддержки принятия диспетчерских решений, комплексов моделирования и оптимизации режимов работы систем магистрального транспорта газа.

Рассматриваются вопросы повышения эффективности оптимизационных задач автоматизированных систем диспетчерского управления.

В работе предлагается проект оптимизации режима работы газотранспортной системы путем замены сменной проточной части центробежного нагнетателя компрессорной станции.

Проводятся гидравлические расчеты на предмет технической осуществимости проекта и определения экономии топливно-энергетических ресурсов в натуральном выражении. На основании результатов гидравлических расчетов анализируются основные показатели экономической эффективности.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Косых В.Г.			Реферат	Лит.	Лист
Руковод.		Рудаченко А.В.					Листов
Консульт.							9
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.					87
						группа з-2Т01	

Введение

Актуальность темы исследования данной работы обусловлена необходимостью совершенствования оперативно диспетчерского управления. Вектор его развития однозначно указывает на назревшую необходимость внедрения и дальнейшего развития автоматизированных систем диспетчерского управления. Подобные системы в прошлом были востребованы для решения специфических задач, но в связи с повышением требований к оперативности принятия решений, необходимостью получения точных прогнозов работы единой системы газоснабжения (далее – ЕСГ), повышения экономичности процесса транспортировки газа, остро встает вопрос о необходимости использования автоматизированных систем диспетчерского управления (далее – АСДУ), систем поддержки принятия диспетчерских решений (далее – СППР) для все более широких кругов задач.

Основной целью, стоящей перед газовой отраслью, является дальнейшее повышение эффективности оперативно-диспетчерского управления ЕСГ на базе создания комплексно автоматизированных технологических объектов и развития на базе взаимосвязанного комплексов АСДУ, охватывающего все уровни управления ЕСГ и построенного на принципах системного единства и совместимости математического, информационного и технического обеспечения.

Важнейшей задачей, в связи с этим, является внедрение и интенсивное развитие комплекса АСДУ на всех уровнях диспетчерского управления. Качественное функционирование разного рода комплексов немыслимо без многих факторов. Таковыми являются: непрерывный диспетчерский контроль за технологическими процессами газоснабжения; представление технологической информации в реальном масштабе времени;

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Косых В.Г.			Введение			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Рудаченко А.В.								10	87
Консульт.								группа з-2Т01			
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.									

представление коммерческой информации о показателях количества и качества газа; дистанционное управление объектами ЕСТ.

Повышение оперативности маневрирования потоками и ресурсами ЕСТ обеспечивается: оперативным планированием режимов работы ЕСТ; оперативным управлением потоками газа по данным реального времени; моделированием систем газоснабжения в реальном масштабе времени; непрерывным контролем за реализацией газа, формированием баланса газа по ЕСТ в реальном масштабе времени.

В проекте рассмотрим ***** газотранспортную систему (ГТС), входящую в состав ЕСТ Российской Федерации, иерархию диспетчерского управления газотранспортными системами, принятую в ПАО «Газпром». Также в проекте освещаются особенности диспетчерского управления ООО «***** трансгаз *****», описываются основные системы помогающие диспетчеру производить моделирование и управлять газотранспортными потоками. Кроме того, рассмотрим перспективу модернизации газоперекачивающих агрегатов компрессорной станции (КС) «*****» путем замены существующей сменной проточной части (СПЧ) центробежного нагнетателя газоперекачивающего агрегата (далее ГПА) на новую с характеристиками, позволяющими оптимизировать режим работы *****ой ГТС в целом. Проведем гидравлические расчеты, с использованием программного комплекса «*****», в результате которого можно будет проанализировать эффективность внедрения новой СПЧ на КС «*****», для принятия решений касающихся оптимизации транспорта газа по *****ой ГТС.

1. Краткий обзор основных вопросов диспетчерского управления газотранспортным предприятием

1.1. Системы поддержки диспетчерских решений, назначение и решаемые задачи

Концентрация мощностей на объектах транспорта газа приводит к необходимости прямого контроля режимов работы крупных КС и линейных участков МГ, так как изменение режимов вызывает возмущения, выходящие за рамки отдельных ГТС. В этих условиях управление ЕСГ в целом должно основываться на сочетании принципов декомпозиции системы на подсистемы с принципами прямого контроля узловых объектов.

Требуемый в ЕСГ высокий уровень координации планирования и управления обеспечивается централизованной многоуровневой системой диспетчерских служб. Подобный характер управления определяется как особенностями газовой отрасли России, так и общими тенденциями развития автоматизированных систем управления на основе применения современных информационных технологий [28].

В основе технических решений по созданию систем поддержки принятия решений (СППР) и автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) в реальном масштабе времени для газотранспортных предприятий лежит современный подход к компьютерной автоматизации технологических объектов на базе открытых магистрально-модульных систем.

Основное назначение рассматриваемых систем – совершенствование управления дальним транспортом газа за счет повышения оперативности контроля диспетчерской информации и моделирования режимов работы магистральных газопроводов на основе применения математических методов, автоматических систем сбора информации и ЭВМ [1].

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Косых В.Г.			Обзор основных вопросов диспетчерского управления газотранспортным предприятием			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Рудаченко А.В.								12	87
Консульт.								группа з-2Т01			
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.									

В настоящее время автоматизация диспетчерского управления ПАО «*****» становится одним из важных направлений повышения эффективности транспорта газа. Это связано, прежде всего, с повышением сложности объектов управления, повышением требований к надежности газоснабжения, к безопасности транспортировки газа, внедрение новых информационно-вычислительных и программных систем [4].

Эффективность диспетчерских решений определяется значительным числом факторов, таких как:

- уровень автоматизации технологических процессов;
- наличие систем реального времени;
- квалификация оперативно-диспетчерского персонала;
- наличие современных программных средств поддержки принятия решений и др.

Основными особенностями развития систем диспетчерского управления на современном этапе являются:

- существенное изменение требований к диспетчерскому персоналу всех уровней управления;
- усиление функции принятия решений в диспетчерской деятельности, наряду с базовой функцией контроля технологического процесса;
- интеграция информационных и кибернетических процессов, практическим результатом которой является создание SCADA-технологии;
- расширение круга решаемых технологических задач;
- создание единого информационного пространства, усиление координации работы диспетчерских служб;
- применение информационных технологий для оценки ситуаций и принятия решений с использованием таких основных компонентов, как база диспетчерских знаний, компьютерные тренажерные комплексы и др.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По надежности задачи, решаемые АСДУ, разбиваются на четыре группы:

– задачи, связанные с обработкой телемеханической и производственно-статистической информации, поступающей без запроса (прекращение решения этих задач означает, как правило, потерю информации);

– задачи отображения информации (прекращение решения фактически лишает диспетчера вычислительной и информационной помощи со стороны АСДУ);

– режимно-технологические задачи управления газопроводами;

– задачи оперативного управления газопроводами (решаются на базе нестационарных моделей движения газа).

В основу технических решений по созданию АСДУ газотранспортных предприятий положен современный подход к компьютерной автоматизации сложных технологических объектов – создание многоуровневых ОСАДУ с распределением функций управления между центральным диспетчерским пунктом (ЦДП) и диспетчерскими пунктами (ДП) ЛПУМГ, а также АРМ сменного инженера КЦ системами автоматического управления ГПА и вспомогательным оборудованием (ВО).

Выделение в системе контроля и управления нескольких уровней связано со следующими факторами: необходимостью построения «информационной пирамиды», в которой максимум информации обрабатывается на более низких уровнях иерархии, т. е. на более высокие уровни она передается в агрегированном виде; требованием обеспечения живучести системы (в случае отказа верхних уровней любой уровень должен брать на себя централизованное управление нижестоящими с минимальным сокращением функций управления в целях поддержания текущего технологического режима и аварийной защиты).

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами нефтяной, газовой и других отраслей народного хозяйства представляют собой многоуровневые распределенные системы управления, реализующие как базовые функции (функции контроля, регистрации, сигнализации, дискретного управления клапанами, регулирования и др.), так и функции оптимального управления [23].

Примером подобных систем являются широко известные в мире системы семейства SCADA.

Диспетчерское управление и сбор данных (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition) является основным и в настоящее время остается наиболее перспективным методом автоматизированного управления сложными динамическими системами (процессами) в жизненно важных и критичных с точки зрения безопасности и надежности областях. SCADA – процесс сбора информации реального времени точек (объектов) для обработки, анализа и возможного управления удаленными объектами. Требование обработки реального времени обусловлено необходимостью доставки (выдачи) всех необходимых событий (сообщений) и данных на центральный интерфейс оператора (диспетчера).

SCADA-система реализует взаимодействие диспетчера с технологическим процессом, обеспечивая диспетчера информацией о протекании технологического процесса в режиме реального времени, и представляет собой основу для решения задач контроля фактического режима.

Информация, необходимая диспетчеру ЦДП для эффективного управления технологическим режимом МГ, включает в себя: первичную оперативную технологическую информацию; обобщенные показатели состояния технологического режима газопровода в целом и отдельных его объектов, получаемые после обработки оперативной технологической информации.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Первичная оперативная информация должна быть достаточно полной, объективной и поступать своевременно. Различают два вида этой информации: дискретную, поступающую с двухпозиционных датчиков, характеризующую состояние запорной арматуры, аварийные отключения и т.п.; аналоговую, получаемую с датчиков, измеряющих технологические параметры.

На уровне ЦДП реализуются регламентный режим (часовой, суточный, месячный, квартальный), режим реального времени и интерактивный режим.

Режим реального времени реализуется на базе информационного взаимодействия системы SCADA ЦДП с системами SCADA ЛПУМГ.

Рекомендуемое время передачи, приема и отображения данных реального времени о нештатных и аварийных ситуациях – до 10 с (данное ограничение позволит диспетчерскому персоналу ЦДП иметь достаточное количество времени для принятия мер в нештатных и аварийных ситуациях).

Интерактивный режим может быть межуровневым или внутриуровневым. Межуровневый интерактивный режим предусматривает запрос пользователем (диспетчером, технологом) ЦДП обработки данных уровня ЛПУМГ, передачу и отображение пользователю результатов обработки.

Внутриуровневый интерактивный режим предусматривает запрос пользователем обработки данных уровня ЦДП, отображение пользователю результатов обработки.

Ограничение на время выполнения запроса определяется эргономическими соображениями и не должно превышать 5 с.

В настоящее время SCADA является основным и наиболее перспективным методом автоматизированного управления сложными динамическими системами (процессами). Многие проекты автоматизированных систем контроля и управления (СКУ) для большого

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

спектра областей применения позволяют выделить обобщенную схему их реализации (рис. 1).

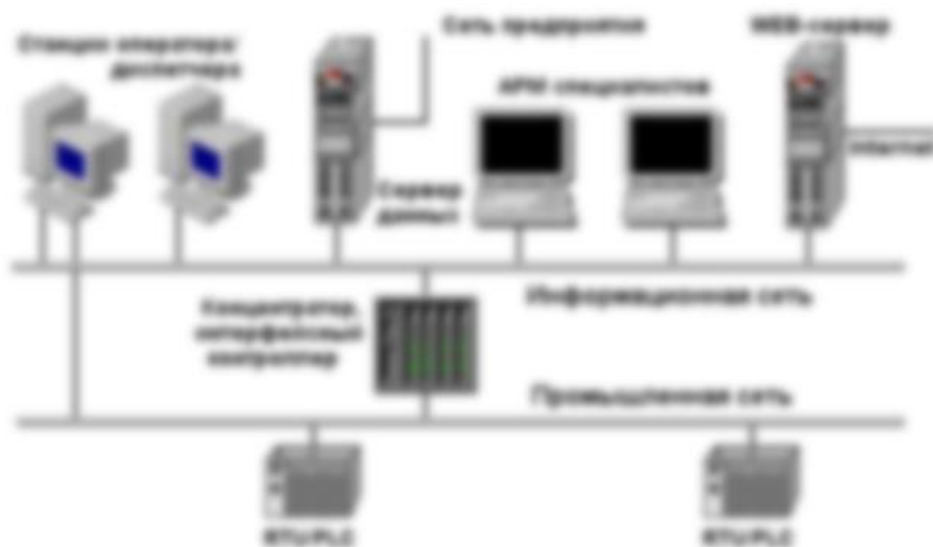


Рисунок 1. Обобщенная схема системы контроля и управления

Как правило, это двухуровневые системы, так как именно на этих уровнях реализуется непосредственное управление технологическими процессами. Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой.

Нижний уровень – уровень объекта (контроллерный) – включает различные датчики для сбора информации о ходе технологического процесса, электроприводы и исполнительные механизмы для реализации регулирующих и управляющих воздействий. Датчики поставляют информацию локальным программируемым логическим контроллерам (PLC – Programming Logical Controller), которые могут выполнять следующие функции:

- сбор и обработка информации о параметрах технологического процесса;
- управление электроприводами и другими исполнительными механизмами;

– решение задач автоматического логического управления и др.

Так как информация в контроллерах предварительно обрабатывается и частично используется на месте, существенно снижаются требования к пропускной способности каналов связи.

В качестве локальных PLC в системах контроля и управления различными технологическими процессами в настоящее время применяются контроллеры, как отечественных производителей, так и зарубежных. На рынке представлены многие десятки и даже сотни типов контроллеров, способных обрабатывать от нескольких переменных до нескольких сот переменных.

К аппаратно-программным средствам контроллерного уровня управления предъявляются жесткие требования по надежности, времени реакции на исполнительные устройства, датчики и т.д. Программируемые логические контроллеры должны гарантированно откликаться на внешние события, поступающие от объекта, за время, определенное для каждого события.

Информация с локальных контроллеров может направляться в сеть диспетчерского пункта непосредственно, а также через контроллеры верхнего уровня. В зависимости от поставленной задачи контроллеры верхнего уровня (концентраторы, интеллектуальные или коммуникационные контроллеры) реализуют различные функции. Некоторые из них перечислены ниже:

- сбор данных с локальных контроллеров;
- обработка данных, включая масштабирование;
- поддержание единого времени в системе;
- синхронизация работы подсистем;
- организация архивов по выбранным параметрам;
- обмен информацией между локальными контроллерами и верхним уровнем;

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС.	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– работа в автономном режиме при нарушениях связи с верхним уровнем;

– резервирование каналов передачи данных и др.

Верхний уровень – диспетчерский пункт (ЦДП) – включает несколько станций управления, представляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера/оператора. Здесь же может быть размещен сервер базы данных, рабочие места (компьютеры) для специалистов и т. д. Часто в качестве рабочих станций используются ПЭВМ типа IBM PC различных конфигураций. Станции управления предназначены для отображения хода технологического процесса и оперативного управления. Эти задачи и призваны решать SCADA-системы. SCADA – это специализированное программное обеспечение, ориентированное на обеспечение интерфейса между диспетчером и системой управления, а также коммуникацию с внешним миром. Спектр функциональных возможностей определен самой ролью SCADA в системах управления и реализован практически во всех пакетах:

– автоматизированная разработка, дающая возможность создания ПО системы автоматизации без реального программирования;

– средства исполнения прикладных программ;

– сбор первичной информации от устройств нижнего уровня;

– обработка первичной информации;

– регистрация алармов и исторических данных;

– хранение информации с возможностью ее пост-обработки (как правило, реализуется через интерфейсы к наиболее популярным базам данных);

– визуализация информации в виде мнемосхем, графиков и т.п.;

– возможность работы прикладной системы с наборами параметров, рассматриваемых как «единое целое».

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Все компоненты системы управления объединены между собой каналами связи. Обеспечение взаимодействия SCADA-систем с локальными контроллерами, контроллерами верхнего уровня, офисными и промышленными сетями возложено на так называемое коммуникационное ПО. Это достаточно широкий класс программного обеспечения, выбор которого для конкретной системы управления определяется многими факторами, в том числе и типом применяемых контроллеров, и используемой SCADA-системой.

Большой объем информации, непрерывно поступающий с устройств ввода/вывода систем управления, предопределяет наличие в таких системах баз данных (БД). Основная задача баз данных - своевременно обеспечить пользователя всех уровней управления требуемой информацией. Но если на верхних уровнях АСУ эта задача решена с помощью традиционных БД, то этого не скажешь об уровне АСУ ТП. До недавнего времени регистрация информации в реальном времени решалась на базе ПО интеллектуальных контроллеров и SCADA-систем. В последнее время появились новые возможности по обеспечению высокоскоростного хранения информации в БД [23].

В диспетчерских службах газотранспортных организаций накоплен опыт практического применения программ расчета эксплуатационных режимов работы ГТС на различных уровнях управления ЕСГ. При этом преимущественно используются программные средства для режимно-технологических расчетов, в том числе и оптимизационных.

Большинство режимно-технологических программ предназначено для магистральных газопроводов (МГ) произвольной структуры при стационарной модели течения газа, фиксированных значениях его транзитных притоков (отборов) и параметров технического состояния объектов КС и линейной части. Постановки задач близки к традиционному подходу технолога-расчетчика, благодаря чему не вызывают

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

дополнительных осложнений при их внедрении. Оптимизация заключается в выборе схем работы КС исходя из интересов ГТС в целом по заданному критерию.

Основные области применения комплексов программ моделирования следующие:

- выбор оптимального режима для разработки диспетчерского графика на определенный календарный период (неделю, месяц, квартал, год по кварталам);
- расчет энергозатрат на планируемый период;
- поэтапный анализ и выбор вариантов развития ГТС, в частности по выводу на проектный режим;
- формирование планов планово-предупредительных ремонтов.

В задачах режимно-технологических расчетов главные проблемы связаны с эффективностью математических моделей, включая достоверность характеристик и параметров оборудования, их идентификацию по фактическим данным. Особенно сложны режимно-технологические расчеты оперативного характера, когда скорость транспорта газа по газопроводу значительно меньше скорости изменения нагрузок.

Как показывает опыт разработки и внедрения режимно-технологических задач в автоматизированной системе диспетчерского управления МГ, при практическом их освоении существенную роль играют эргономические аспекты взаимодействия "человек машина", а также наличие интерфейса с технологическими базами данных.

Специфика ЕСГ как объекта управления определяется гидравлическими взаимосвязями и непрерывностью во времени технологических процессов добычи, транспорта и распределения газа. Ввиду удаления пунктов добычи газа от центров его потребления особую роль в режимах функционирования ЕСГ приобретают мощные газотранспортные системы, кольцевание которых существенно усложняет задачи диспетчерского управления [1].

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Значительная концентрация мощностей на объектах ГТС, их влияние на режимы газоснабжения ЕСГ в целом делают необходимыми решение на верхнем уровне управления не только балансовых и планово-учетных задач, но и режимно-технологических задач, включающих диспетчерский контроль режимных параметров объектов ЕСГ, оптимальное планирование режимов работы и развития основных ГТС.

Разработка задач математического моделирования ГТС весьма актуальна для создания современных систем расчета и управления эксплуатационными режимами ГТС, математические модели, применительно к крупным ГТС всегда будут приближенными.

Ввиду специфики ЕСГ как единой технологической системы оперативное планирование носит иерархический двухуровневый характер:

1-й уровень – ЕСГ в целом, а также межрегиональные ГТС, контролируемые ЦПДД ЕСГ;

2-й уровень – магистральные газопроводы в административных границах газотранспортных организаций.

Результаты расчета на 1-м уровне являются исходными данными для расчета на 2-м уровне в виде диапазона значений расхода и давления газа в узловых и граничных точках ГТС, а также показателей по затратам на транспорт газа.

Характер расчетов на каждом уровне определяется объектом расчета и степенью конкретизации фактических условий. В частности, на 2-м уровне рассчитывается оптимальный гидравлический режим МГ с максимальным учетом фактического состояния ГПА, схем обвязки, коэффициентов эффективности линейных участков. Проведение расчетов на всех уровнях должно обеспечиваться условно-постоянной информацией из Отраслевого банка данных ОАО «*****», включающего данные по расчетным схемам газопроводов, паспортам КС, характеристикам ГПА и линейных участков (ЛУ) и др.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Классификаторы, паспорта КС и ГПА Отраслевого банка данных являются неотъемлемой частью информационного обеспечения АСДУ всех уровней управления. К основным технико-экономическим критериям оптимизации при оперативном планировании режимов транспорта газа относятся следующие:

- максимум целевой функции производительности МГ или его загрузки (как правило, для конечного потребителя);
- минимум целевой функции мощностных, энергетических или стоимостных затрат на компримирование при определенной производительности;
- максимум значений давления газа в системе магистральных газопроводов при определенной производительности.

Следует подчеркнуть, что окончательное решение необходимо искать по критерию минимума целевой функции затрат. Оптимизация по максимуму загрузки ввиду неоднозначности решений по управляющим воздействиям (возможно достижение одной и той же производительности при разных схемах включения ГПА) дает промежуточный результат, т. е. определяет значение производительности для оптимизации по минимуму затрат.

Оптимизация по критерию максимума значений давления дает решения, по тенденции близкие к решениям по минимуму затрат, и рекомендуется в целях получения эталонной технологической карты режима с максимально возможным объемом аккумулируемого газа, что повышает надежность режима при существенной динамике отборов и при аварийных ситуациях. Корректность математической постановки оптимизационной задачи требует построения отдельного алгоритма для каждого критерия, т. е. принципиально возможна только последовательная процедура оптимизации

по критериям максимума загрузки и минимума затрат (максимума значений давления). В связи с этим далее алгоритмы минимума затрат и максимума загрузки рассматриваются отдельно. Алгоритм максимума значений давления – это разновидность алгоритма минимума затрат.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основными технологическими критериями оптимизации для алгоритмов оперативного управления, базирующихся на нестационарной модели течения газа, являются следующие:

- минимум времени вывода газопровода на режим, заданный технологической картой (максимум быстродействия), например, после аварийного или истощающего режима работы;
- максимум наполнения газопровода в рамках заданного времени;
- максимум отбора газа (промысел) или отбора (закачки) газа (подземное хранилище газа – ПХГ) в заданном интервале времени;
- минимум отклонения от заданной технологической карты режима (диспетчерского графика) работы МГ.

В целях оперативного распределения потоков газа в сложной системе энергоэкономические характеристики следует строить двухмерными, так как изменение величин давления в начале газопровода значительно влияет на показатели его энергоэкономической характеристики.

КМО ГТС являются общепринятым компонентом диспетчерских систем реального времени как в ПАО «*****» так и за рубежом.

Эти комплексы служат основой прикладного программного (ПО) обеспечения диспетчерских служб и призваны обеспечивать выполнение режимно-технологических и плановых расчетов, перечень которых определен общесистемными техническими требованиями к ОСОДУ ЕСТ России.

КМО должны обеспечивать следующие основные функции:

1. Оперативный контроль за работой ГТС, выполняемый как путем обработки данных телеметрии систем типа «SCADA», так и посредством имитационного моделирования количественных и качественных параметров газового потока по всем технологическим объектам газотранспортной системы в режиме реального времени (on line). Адекватное прогнозирование динамики изменения параметров процесса на период времени не менее 3 ч.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Оперативное обнаружение (в режиме on line) нарушений технологического процесса транспорта газа, таких, как разрывы газопроводов с определением их месторасположения и оценкой интенсивности утечек газа, образование гидратно-конденсатных засорений, отслеживание появления других изменений в технологическом процессе, которые ухудшают показатели энергосбережения, надежности, экологической безопасности.

3. Интерактивное имитационное моделирование (в режиме off line) динамики поведения ГТС при возникновении тех или иных ситуаций (в том числе аварийных), при использовании диспетчером различных вариантов управления (переключение кранов, режимов ГПА КС), при изменении условий транспорта газа или плана его поставок потребителям.

4. Оперативное и перспективное планирование (в режиме off line) режимов транспорта газа на основе проведения многовариантных расчетов с использованием стационарной неизотермической модели потоков как для всей газотранспортной системы, так и для ее отдельных подсистем.

Решение задач оптимизации режимов газопередачи для разных целевых установок с различным набором технологических ограничений и ограничений, обусловленных требованиями надежности, экологической безопасности и т.п.

5. Расчет параметров (в режимах on line и off line), характеризующих состояние ГТС и ее объектов; параметров, определяющих возможности маневрирования потоками внутри ГТС и в смежных системах, параметров эффективности функционирования газотранспортной системы и т.д.

В настоящее время в газовой промышленности ведутся работы по разработке комплекса моделирования и оптимизации режимов работы ГТС нового поколения.

Основной целью разработки КМО является переход от эмпирических методов управления ГТС к методам, базирующимся на прогнозировании и системном автоматизированном анализе объективных данных для выработки

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

управляющих воздействий упреждающего характера. Таким образом, АСДУ должна превратиться в иерархически построенную систему оперативного управления с четким распределением функций между уровнями, обеспечивающую достижение следующего:

- бесперебойного снабжения потребителей газом;
- максимальных экономичности и надежности работы ЕСГ и отдельных ГТС при рациональном и эффективном использовании мощностей промыслов, КС и ЛЧ газопроводов.

Реализация отечественных комплексов моделирования и оптимизации режимов работы ГТС должна осуществляться в несколько этапов:

- разработка комплекса моделирования и оптимизации потоков газа по газотранспортным системам ЕСГ России;
- модернизация и внедрение существующих КМО, требующих меньше времени на их внедрение;
- разработка программных комплексов нового поколения на базе современных информационных технологий, объектно-ориентированной архитектуры и средств сбора и обработки технологической информации в режиме реального времени.

На первом этапе внедрения КМО обеспечивает диспетчера информацией, необходимой для ведения режима и принятия оперативных решений, причем функция принятия решения и выработки управляющих воздействий остается за человеком-диспетчером.

Основное направление совершенствования КМО – это значительное расширение круга задач с одновременным увеличением скорости расчетов, что позволяет повысить оперативность принятия оптимальных решений.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2. Программно-вычислительные комплексы «*****», «*****»

ПВК «*****» представляет собой комплекс математического моделирования и оптимизации процессов транспорта газа, который решает две основные задачи: анализ фактических режимов ГТС с накоплением результатов в ретроспективных баз данных и планирование режимов работы ГТС. К задачам, входящим в комплекс относятся следующие:

- оптимизация стационарных режимов работы ГТС произвольной конфигурации по критериям максимума производительности; минимума энергозатрат (газ, электроэнергия, стоимость); максимума прибыли; минимума значений входного давления;
- расчет распределения потоков газа по ГТС сетевой структуры при частичном отсутствии измерений параметров по среднесуточным или часовым данным;
- идентификация параметров моделей ЛЧ МГ, КС, АВО;
- расчет запаса газа в трубах ГТС;
- накопление результатов расчета распределения потоков газа и выдача хранимой информации в табличном и графическом виде;
- прогноз переходных процессов транспорта газа на заданный интервал времени.

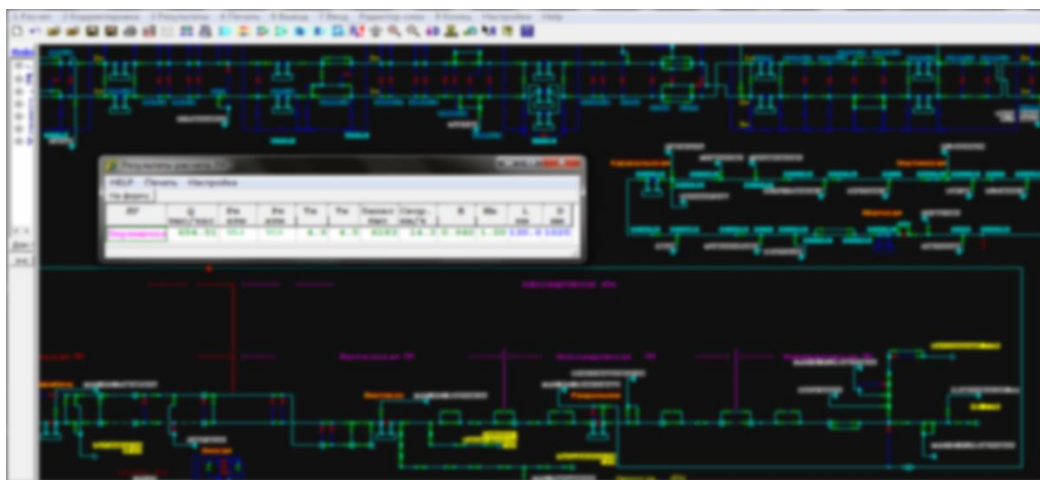


Рисунок 2. Визуализация ПВК «*****» на мониторе оператора

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Задачи ориентированы на ГТС произвольной конфигурации, имеющие закольцованные структуры любого вида, а также кольцевых структур с реверсными потоками газа.

Расчеты осуществляются на подробной графической технологической схеме ГТС. В комплекс входит редактор схем, позволяющий набрать новую схему или изменить существующую.

Рассчитываются многониточные ЛУ и многоцеховые КС с газотурбинными и электроприводными ГПА с центробежными нагнетателями или газомоторными двигателями с поршневыми компрессорами (ГМК).

Целью оптимизации режима работы ГТС является выбор с учетом технологических ограничений управляющих воздействий на КС, обеспечивающих транспорт заданного или определяемого при оптимизации объема газа, удовлетворяющих заданным граничным условиям на входах и выходах ГТС.

В результате оптимизации определяются распределение величин расхода, давления и температуры по ГТС, схемы включения ГПА на КС, частота вращения валов нагнетателей ГПА, величины перепуска газа с выхода на вход КС, значения дросселирования газа на входе КС, число требуемых АВО для охлаждения газа.

Целью расчета распределения потоков газа по ГТС сетевой структуры является определение значений расхода газа по каждому ЛУ и каждой КС системы на основании измерения величин давления и температуры газа на КС, расхода топливного газа на КС, у промежуточных потребителей и на всех входах и выходах ГТС. При этом отсутствуют измерения потоков газа внутри ГТС и значений давления в отдельных узлах. При расчете также используется изменение запаса газа в трубах, что позволяет частично учесть нестационарность процесса транспорта газа.

Целью идентификации объектов ГТС (КС, ЛУ, АВО) служит определение фактических значений коэффициентов эффективности и

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

теплопередачи от газа в грунт для ЛУ, коэффициентов технического состояния для КС и АВО. Полученные при идентификации параметры обеспечивают удовлетворяющую практическим требованиям сходимость расчетных режимов работы объектов ГТС с данными их реальной эксплуатации.

Еще одной системой, осуществляющей моделирование режимов ГТС в масштабе газотранспортного общества, является ПВК «*****».

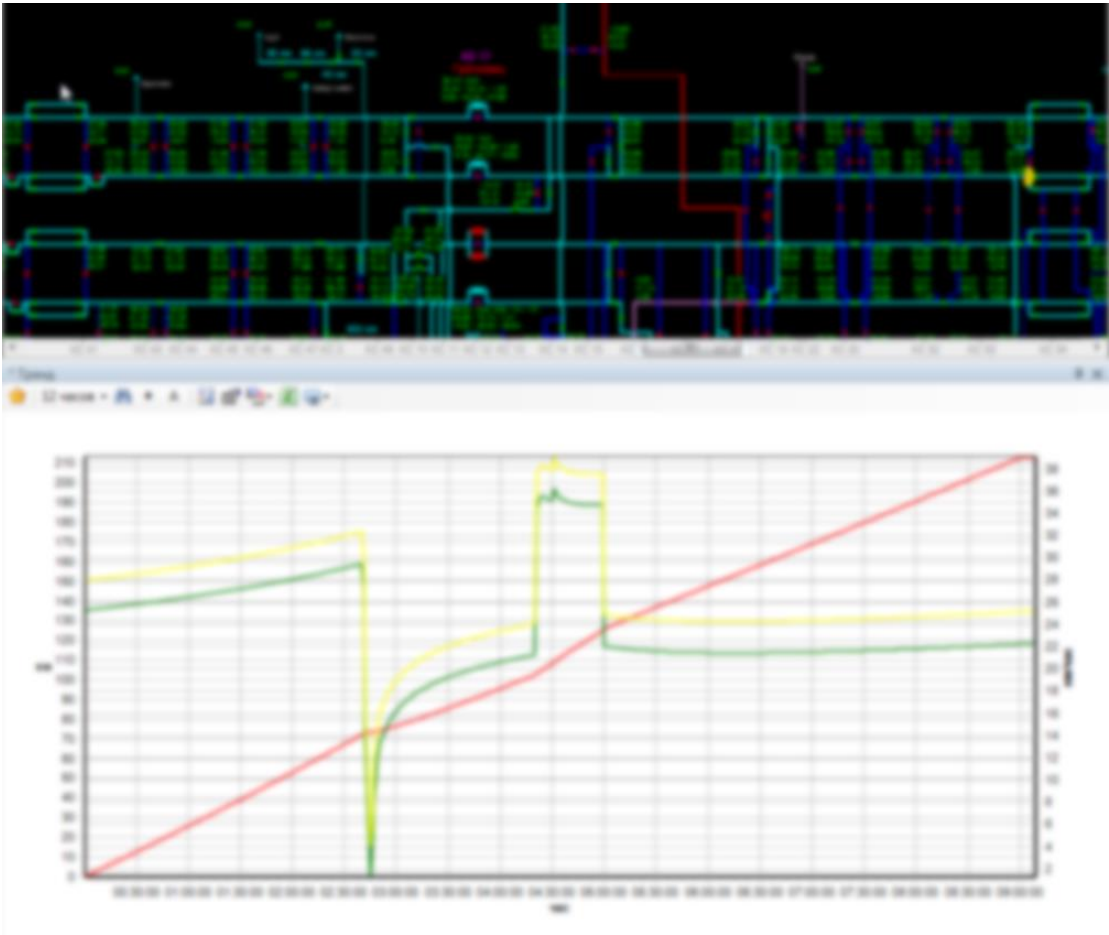


Рисунок 3. Визуализация ПВК «*****» на мониторе оператора

Комплекс «*****» выполняет расчеты стационарного (планового) режима работы ГТС, прогноз процесса по заданному сценарию управляющих воздействий. Задачи решаемые, ПВК «*****» являются аналогичными ПВК «*****». Однако система «*****» имеет дополнительные возможности, которые еще не реализованы в «*****», такие как:

- Расчет движения очистных и диагностических снарядов по газопроводу с учетом рельефа местности и управляющих воздействий диспетчера.
- Расчет потерь газа при аварийном разрыве газопровода с учетом управляющих воздействий диспетчера по локализации аварии.
- Оценки последствий аварийных ситуаций, связанных с разрывом трубы: расчет размеров опасных зон по различным поражающим факторам и нанесение их на карту.

Опыт внедрения и эксплуатации КМО в ПАО «*****» показал, что наиболее адаптированным к расчетам сложных газотранспортных систем, входящих в состав ЕСГ, является КМО «*****», который и нашёл самое широкое применение в газотранспортных предприятиях структуры «*****»[9]. В дальнейшем в своей работе я буду опираться на расчеты, выполненные с помощью ПВК «*****».

1.3. Перспективы развития систем поддержки принятия решений

Перспектива дальнейшего развития систем поддержки принятия решений в структуре диспетчерского управления газотранспортных предприятий подразумевает внедрение модуля для расчета нестационарных процессов транспорта газа. Но как показывает практика, моделирование переходных процессов невозможно без налаженного потока исходных данных для расчетов, где периодичность сбора информации измерялась бы минутами, был бы максимально исключен ручной ввод данных и т.д., иными словами нужна SCADA-система, которая повысит как точность текущих расчетов, так и создаст хорошую основу для наращивания потенциала в области моделирования [1].

Вторым ключевым условием повышения эффективности диспетчерского управления является переход на нестационарную модель транспорта газа, уже внедряемую на отдельных дочерних предприятиях

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПАО «*****». Ключевым отличие этой модели от модели стационарной является возможность моделировать прогнозы работы газотранспортной системы на произвольный период. В настоящее время решаются административные вопросы, связанные с внедрением новой модели уже имеющегося комплекса моделирования и оптимизации.

Еще одним аспектом усовершенствования диспетчерского контроля и управления является централизация управления большинством технологических объектов. В настоящее время работы в этом направлении ведутся большими темпами. В первую очередь «безлюдные технологии», (т.е. дистанционное управление объектом, полностью автоматизированное управление объектом, либо комбинация этих двух вариантов) применяются к крупным и ответственным объектам газотранспортной системы.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Основные сведения о системе диспетчерского управления ООО «***** трансгаз *****»

2.1 Краткое описание и структура предприятия

История создания ООО «***** трансгаз *****» берет свое начало в 19** году. Попутный газ с нефтяных месторождений *****, ранее сжигаемый в факелах, был необходим металлургическим и химическим гигантам *****а. Тогда было начато строительство первого магистрального газопровода в *****: *****-*****-***** протяженностью ***** километра.

Среди потребителей ООО «***** трансгаз *****» такие флагманы российской промышленности, как ***** и ***** металлургические комбинаты, *****, *****ий нефтехимический комбинат, ***** химический комбинат, ***** завод «*****». «***** трансгаз *****» сегодня поставляет природный газ более чем 400 потребителям областных энергосистем, цветной металлургии, стройиндустрии, химической промышленности и сельского хозяйства. Из них крупнейшими, кроме названных, являются ОАО «*****энерго», ОАО «*****энерго», ООО «***** машиностроительный завод», ООО «*****», ОАО «*****энерго», ОАО «*****энерго», ОАО «***** металлургический завод», ОАО «***** оловокомбинат», ОАО «***** – ***** электродный завод», АОЗТ «*****», ОАО «*****энерго», ОАО «*****», ООО «*****», ОАО «Алтайэнерго», ОАО «*****» и др.

Основными направлениями производственно-хозяйственной деятельности ООО «***** трансгаз *****» являются:

- транспортировка газа по магистральным газопроводам и газопроводам-отводам;
- эксплуатация газопроводов, компрессорных и газораспределительных станций;

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- ремонт, реконструкция и развитие газотранспортной системы Общества;
- эксплуатация АГНКС, перевод автомобилей на газ.



Рисунок 4. Схема газотранспортной системы

В сентябре 20** году на ***** был введен в эксплуатацию магистральный газопровод «*****» и подан газ на ГРС-1 г. *****.

Общая протяженность магистральных газопроводов в ***** и ***** составляет более ** тыс. км. Территория, на которой сегодня

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

предприятие занимается поставкой природного газа, сопоставима по своим размерам с Западной Европой.

Надёжность и безопасность транспортировки газа – приоритетная задача. С этой целью в последние годы на предприятии принята и успешно реализуется комплексная программа, направленная на техническое перевооружение и капитальный ремонт магистрально газопровода и объектов газотранспортной системы. При этом повсеместно на трассе внедряются системы автоматики, телемеханики и малолюдные технологии.

В составе Общества ***** филиала (рис. 4), в том числе ***** линейных производственных управлений магистральных газопроводов (ЛПУМГ) и ***** линейное производственное управление магистральных трубопроводов (ЛПУМТ).

2.2 Диспетчерское управление. Основные функции и решаемые задачи

Одной из ведущих служб ООО «***** трансгаз *****», осуществляющей диспетчерское управление газотранспортными системами предприятия является производственно-диспетчерская служба.

Иерархия диспетчерской структуры ООО «***** трансгаз *****» соответствует принятой в ПАО «*****»:

1 уровень – персонал газораспределительных, компрессорных, газонаполнительных станций, линейные обходчики и трубопроводчики магистральных газопроводов. Персонал первого уровня контроля осуществляет непосредственный физический контроль технологического оборудования своего объекта.

2 уровень – диспетчерская служба (далее – ДС) линейных производственных управлений, которая взаимодействует с 1 уровнем контроля, а также осуществляет дистанционный контроль (посредством систем и программным комплексом мониторинга) режима работы технологического оборудования своего филиала.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 уровень – производственно-диспетчерская служба (далее – ПДС) Администрации ООО «***** трансгаз *****». В ЦДП ПДС поступает информация от всех ДС 2 уровня, где она анализируется. При необходимости изменения режима работы ГТС, диспетчер ПДС отдает соответствующее распоряжение персоналу ДС.

Функции персонала ПДС весьма обширны и не ограничиваются исключительно управлением вверенной ему газотранспортной системой. Помимо этого диспетчер контролирует и координирует все проводимые на предприятии ремонтные работы, как плановые, так и экстренные, отслеживает работу АГНКС, координирует работу поставщиков газа, потребителей газа и газораспределительных организаций. Также, неотъемлемой частью работы является сбор и анализ режимной информации, обработка ее, и передача в ЦПДД ПАО «*****», который является 4 уровня контроля в диспетчерской иерархии.

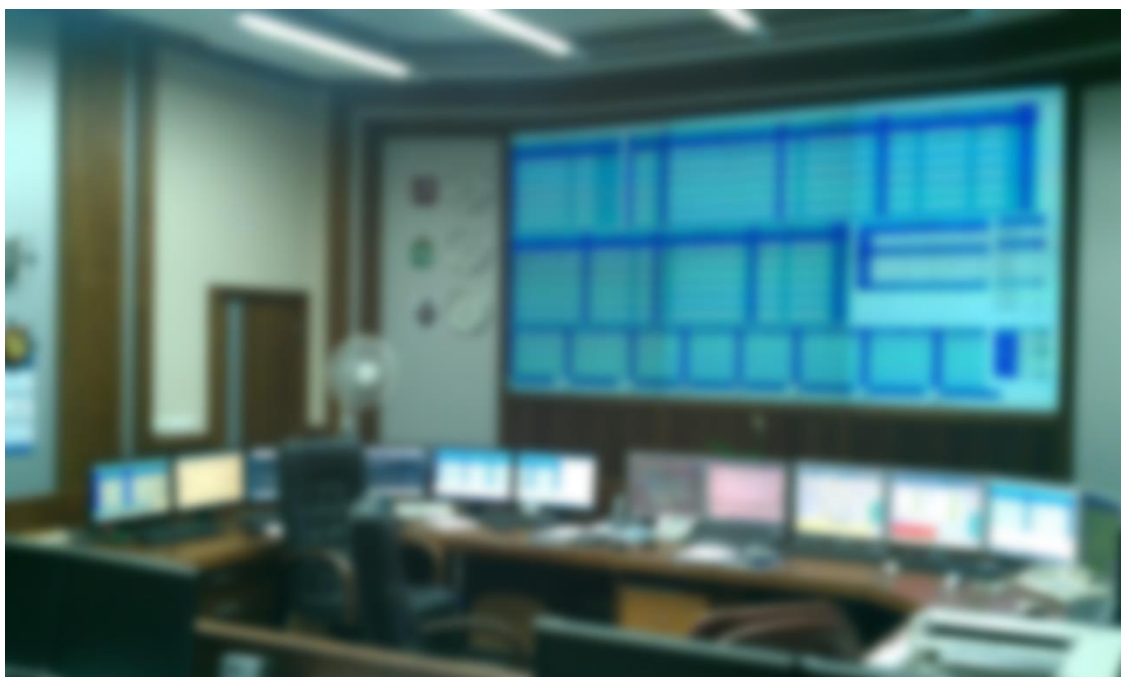


Рисунок 5. Общий вид ЦДП ООО «***** трансгаз *****»

Основными задачами, решаемыми производственно-диспетчерской службой являются:

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- обеспечение надежной и безаварийной работы ГТС;
- обеспечение бесперебойного газоснабжения потребителей;
- выполнение плана транспорта газа в соответствии с заключенными с поставщиками и ПАО «*****» договорами на транспортировку газа;
- оперативное управление работой ГТС (регулирование потоков газа);
- дистанционное управление электроприводными КС;
- соблюдение режима экономии по работе основного и вспомогательного оборудования КС и газопроводов. Сокращение расхода газа на собственные технологические нужды;
- эксплуатация и участие во внедрении технического и программного оснащения автоматизированной системы управления;
- контроль над поддержанием заданного технологического режима работы систем газопроводов, КС, АГНКС, выводом в ремонт ГПА, другого оборудования и сооружений на КС, ГРС, АГНКС и газопроводах в сроки, утвержденные графиками и разовыми оперативными распоряжениями руководства;
- при авариях и чрезвычайных ситуациях на газотранспортной системе – немедленное оповещение организаций согласно утвержденной «Схеме оповещения при авариях и чрезвычайных ситуациях на объектах МГ ООО «***** трансгаз *****» с одновременным принятием мер к локализации аварийного состояния, восстановления оптимального режима работы газопровода;
- разработка годовых, квартальных, месячных и оперативных режимов работы отдельных участков газопроводов и системы в целом;

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- контроль за обеспечением учета газа, поступающего в МГ от поставщиков, и отпускаемого с ГРС и расходуемого на другие цели;
- анализ и расчет оптимальных режимов газопроводов и их отдельных участков. Разработка предложений по внедрению новых режимов работы, обеспечивающих уменьшение затрат потребления топливно-энергетических ресурсов и издержек производства;
- оперативное руководство работой дежурного диспетчерского персонала ЛПУ, КС, АГНКС и ГРС.

Для успешной реализации поставленных задач в ЦДП установлены следующие системы и АРМы:

- системы линейной телемеханики – для осуществления контроля режима работы и состояния оборудования линейно части МГ, ГРС, КС, технологической связи;
- автоматизированная система управления технологическим процессом компрессорных станций – для осуществления дистанционного управления и контроля режима работы основного технологического оборудования КС;
- система видеонаблюдения – для осуществления дистанционного осмотра основного технологического оборудования КС;
- система передачи данных – сбор, анализ и передача «режимных» параметров в ЦПДД ПАО «*****»;
- технологические АРМы производственной деятельности для работы с ПВК «*****» и «*****»;
- система коллективного отображения информации «Видеостена», предназначена для отображения режимной и прочей информации.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.3 Особенности диспетчерского управления при разных режимах работы газотранспортной системы

2.3.1 Режимы работы *****ой газотранспортной системы

Основной объем газа поступает в нашу газотранспортную систему от источников г. ***** (*****), и севера *****ой области в МГ «НГПЗ-*****», а также частично из газотранспортной системы ООО «***** трансгаз *****» от КС «*****» в МГ «*****» (рис. 6).

В газопровод «*****-*****» производится подача газа со следующих направлений:

- ***** и ***** газоперерабатывающие комплексы (принадлежат АО «*****»);
- ***** газоконденсатные месторождения (принадлежат ОАО «*****»);
- ***** нефтегазоконденсатное месторождение (принадлежит по 50 % ОАО «*****» и ПАО «*****»);
- ***** газоконденсатные месторождения (принадлежат ООО «*****»).

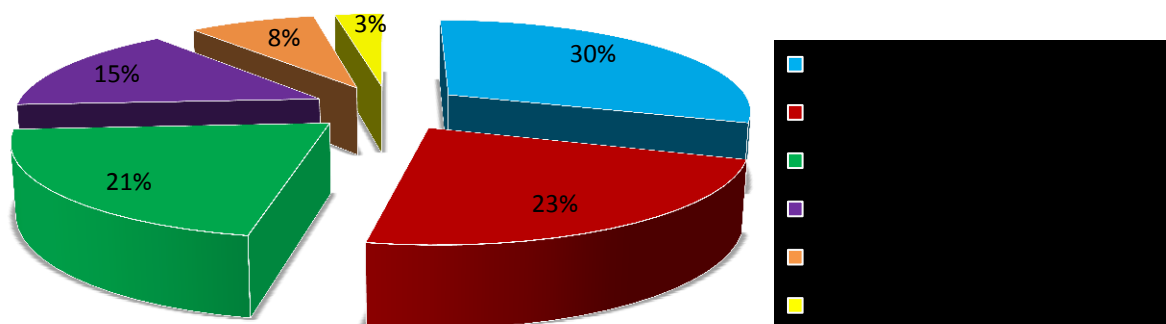


Рисунок 6. Направления поступления газа в ГТС *****

ООО «***** трансгаз *****» является транзитёром природного газа потребителям юго-восточной части ***** и с недавнего времени *** (рис. 7).

По субъектам РФ это: ***** (г. *****), ***** , ***** , ***** , ***** , ***** , ***** , ***** , ***** , ***** , ***** , ***** .

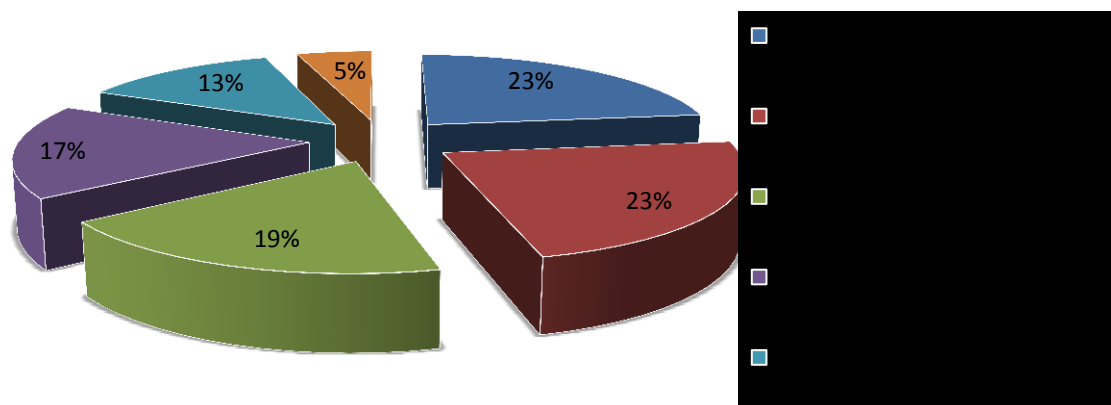


Рисунок 7. Структура потребления газа основными субъектами РФ в зоне ГТС *****

Особенностью режима работы ***** ГТС является её сезонный характер (рис. 8), т.е. в зимний период система является распределительной, а в летний период, для исключения сжигания попутного нефтяного газа на газоперерабатывающих комплексах ***** области, система приобретает транзитный или «реверсивный» характер, связанный с выводом излишков газа в ЕСГ РФ.

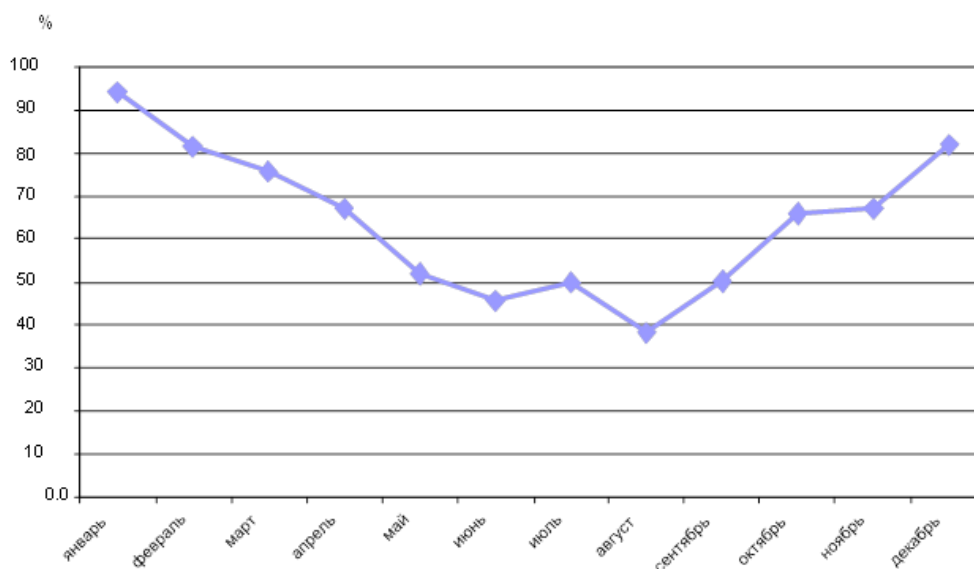


Рисунок 8. Сезонная неравномерность отбора газа потребителями в зоне ***** ГТС

2.3.2 Реверсивный режим работы ГТС

Реверсивный или «летний» режим работы ***** ГТС начинается в апреле-мае и продолжается до сентября-октября в зависимости от погодных условий и объемов отбора газа потребителями. В этот период Т***** ГТС делится на 2 подсистемы: транзитную и распределительную.

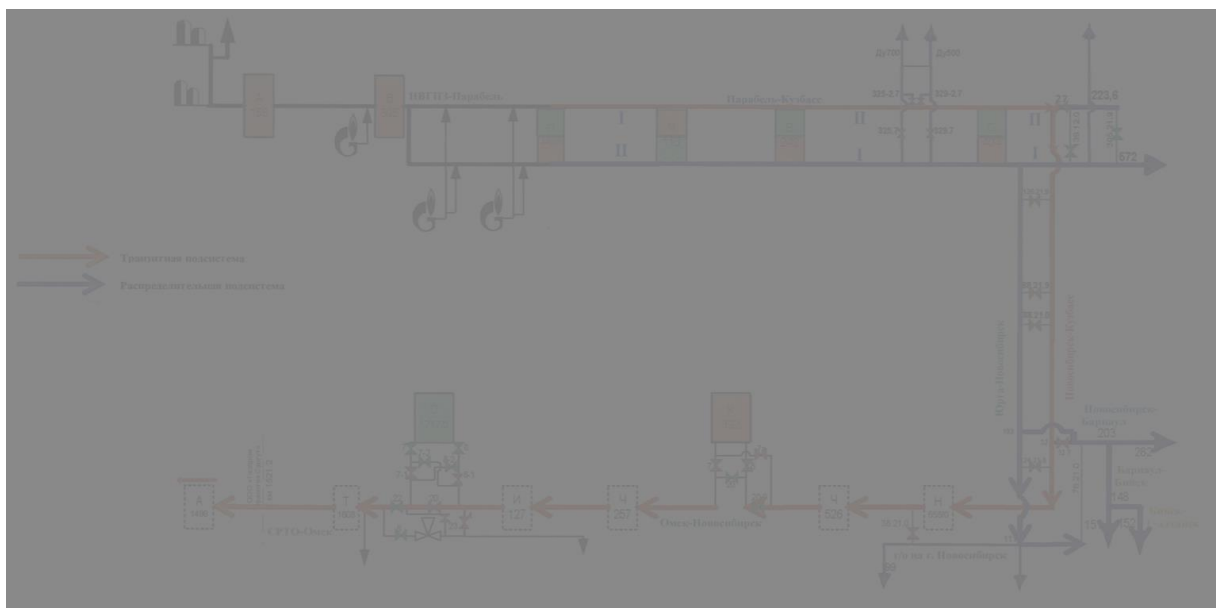


Рисунок 9. Схема движения потоков газа транзитной и распределительной подсистем ***** ГТС.

Распределительная подсистема обеспечивает газоснабжение потребителей внутри ГТС. Режим работы распределительной подсистемы, за счет невысокого давления МГ, обеспечивает минимальное дросселирование газа на ГРС, что позволяет снизить непроизводительные затрат электрической энергии и топливного газа на компримирование газа.

Режим работы выделяемой транзитной подсистемы характеризуется максимальными выходными давлениями КС, что позволяет наиболее эффективно использовать газотранспортные мощности. Транзитная подсистема осуществляет транспортировку невыбираемых потребителями объемов газа в ГТС ООО «***** трансгаз *****» и далее в ЕСГ РФ для закачки в ПХГ.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 10. Граница разделения ГТС
ООО «***** трансгаз *****» и ООО «***** трансгаз *****»

Важным звеном в летнем режиме работы ***** ГТС является компрессорная станция «*****», которая непосредственно осуществляет подачу газа на ГИС «*****» ООО «***** трансгаз *****».

2.3.3 Компрессорные станции. Назначение, структура и роль в диспетчерском управлении ГТС

Компрессорная станция — неотъемлемая и составная часть магистрального газопровода, обеспечивающая транспорт газа с помощью энергетического оборудования, установленного на ней.

Основным технологическим узлом любой компрессорная станция является газоперекачивающий агрегат.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

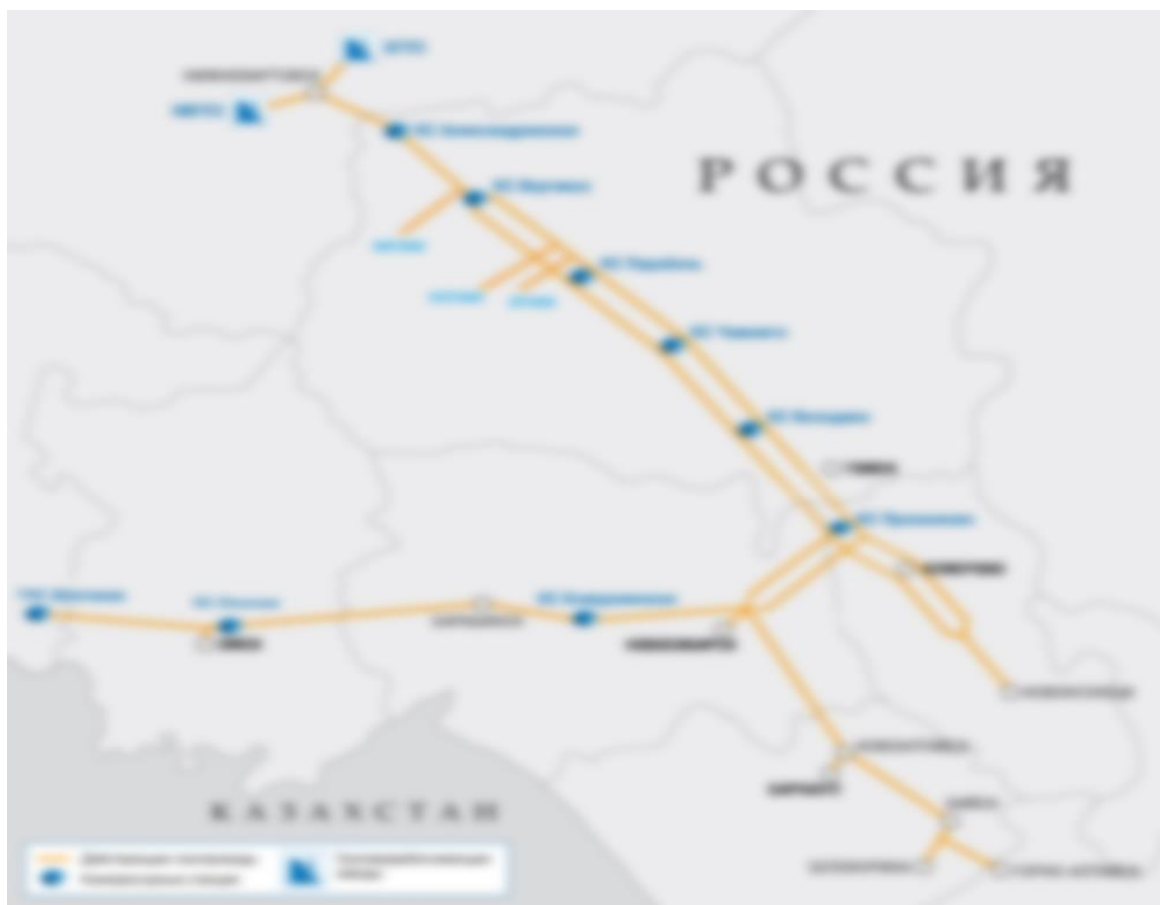


Рисунок 11. Расположение КС в *****-ой ГТС

Основными технологическими объектами компрессорной станции являются:

- технологические трубопроводы компрессорной станции
 - а. Узел подключения;
 - б. Входные и выходные шлейфы;
 - с. Запорная арматура;
- Установка очистки газа:
 - а. Пылеуловители;
 - б. Фильтры-сепараторы;
- Установки охлаждения газа;
- Блок подготовки пускового, топливного и импульсного газа
- Газоперекачивающие агрегаты:

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****-ой ГТС	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- а. Привод;
- б. Центробежный нагнетатель;
- Энергетическое оборудование;
- Вспомогательное оборудование.

Узел подключения компрессорной станции к магистральному газопроводу состоит из двух охранных кранов (№ 19 и № 21), обводного крана (N 20), обратного клапана, входного крана (№ 7) и выходного крана (№8) с кранами стравливания газа (свеча) из технологического контура компрессорной станции (№ 17 и № 18). В компоновку узла подключения входят камера приёма и запуска очистного устройства и внутритрубных диагностических приборов.

Установка очистки технологического газа предназначена для очистки технологического газа от механических примесей и влаги перед его подачей к газоперекачивающим агрегатам.

Установка охлаждения технологического газа, или аппараты воздушного охлаждения газа предназначены для охлаждения газа после его компримирования в центробежных нагнетателях.

Функциональное назначение газоперекачивающего агрегата – повышение давления газа, транспортируемого по магистральному трубопроводу. Выполнение этой функции обеспечивается основными компонентами газоперекачивающего агрегата – двигателем (приводом), нагнетателем и трубокрановой обвязкой. Применительно к газоперекачивающему агрегату, привод может быть газотурбинный или электропроводный. Нагнетатель представляет собой центробежный компрессор, преобразующий механическую энергию вращения вала в потенциальную энергию сжатого газа.

Блок Подготовки пускового, топливного и импульсного газа предназначен для очистки, осушки, понижения давления газа, необходимого для пусковых турбодетандерных установок, камер сгорания

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

газоперекачивающих агрегатов, и газа, предназначенного для управления запорной арматурой технологических трубопроводов КС.

В состав **энергетического оборудования** компрессорной станции входит понижающая трансформаторная установка, обеспечивающая снижение напряжения с питающих линий электропередач, распределительное устройство, где установлены вводные и распределительные отключающие устройства и аварийная электростанция, обеспечивающая электроэнергией компрессорную станцию при аварийных отключениях внешних питающих линий электропередач.

Склад горюче-смазочных материалов с маслохозяством предназначен для обеспечения газоперекачивающих агрегатов необходимым количеством подготовленного для эксплуатации масла.

Параметры работы компрессорной станции определяют режим работы всей газотранспортной системы, поэтому КС является основным «инструментом» диспетчера в построении режима работы газотранспортной системы, при этом КС позволяет регулировать режим работы газопровода при колебаниях потребления газа, максимально используя при этом аккумулирующую способность газопровода [26].

2.3.4 Особенности режима работы КС «***» в реверсивный период**

КС «*****» оснащена 2 ГПА типа ГПА-10 на базе судового газотурбинного двигателя ДРЛ-59Л и центробежного нагнетателя НЦ-235-24-1. Основные технические характеристики ГПА КС «*****» представлены в таблице 1. Имея указанные технические характеристики, ГПА работают в режиме малой объемной производительности нагнетателя природного газа, т.е. в неоптимальном режиме несогласованности характеристик нагнетателя и газопровода.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1. Основные технические характеристики ГПА КС «*****»

Производительность, отнесённая к 20°С и 0.1013 МПа, млн. нм ³ /сутки	18,0
Давление газа конечное, абсолютное на выходе из нагнетательного патрубка, МПа	5,45
Степень сжатия (номинальная)	1,44
Политропный КПД, не менее	0,83
Мощность, потребляемая нагнетателем, МВт	9,0

Объем газа перекачиваемый компрессорной станцией зачастую не соответствует номинальному расходу газа и работа ГПА 10-01 характеризуется низким помпажным запасом.

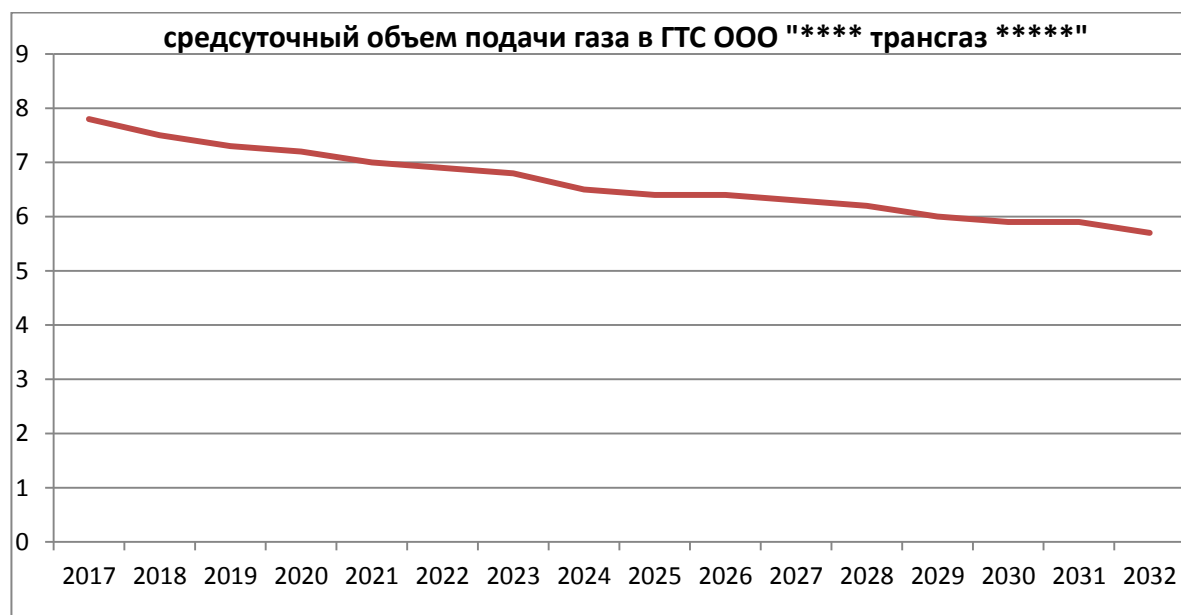


Рисунок 12. Динамика изменения расхода газа через КС «*****»

Для предотвращения попадания нагнетателя в область «помпажа» с возможным развитием аварийной ситуации, в схеме ГПА осуществляется перепуск газа с выхода нагнетателя на вход путем открытия рециркуляционного клапана, при этом происходит снижение коэффициента полезного действия компрессорной станции.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Анализ динамики изменения транспорта газа через КС "*****" на ближайшие 15 лет (рис.12) показывает, что ситуация с перерасходом топливно-энергетических ресурсов будет ухудшаться, ввиду увеличения отбора газа потребителями *****ой ГТС и снижения сдачи газа поставщиками.

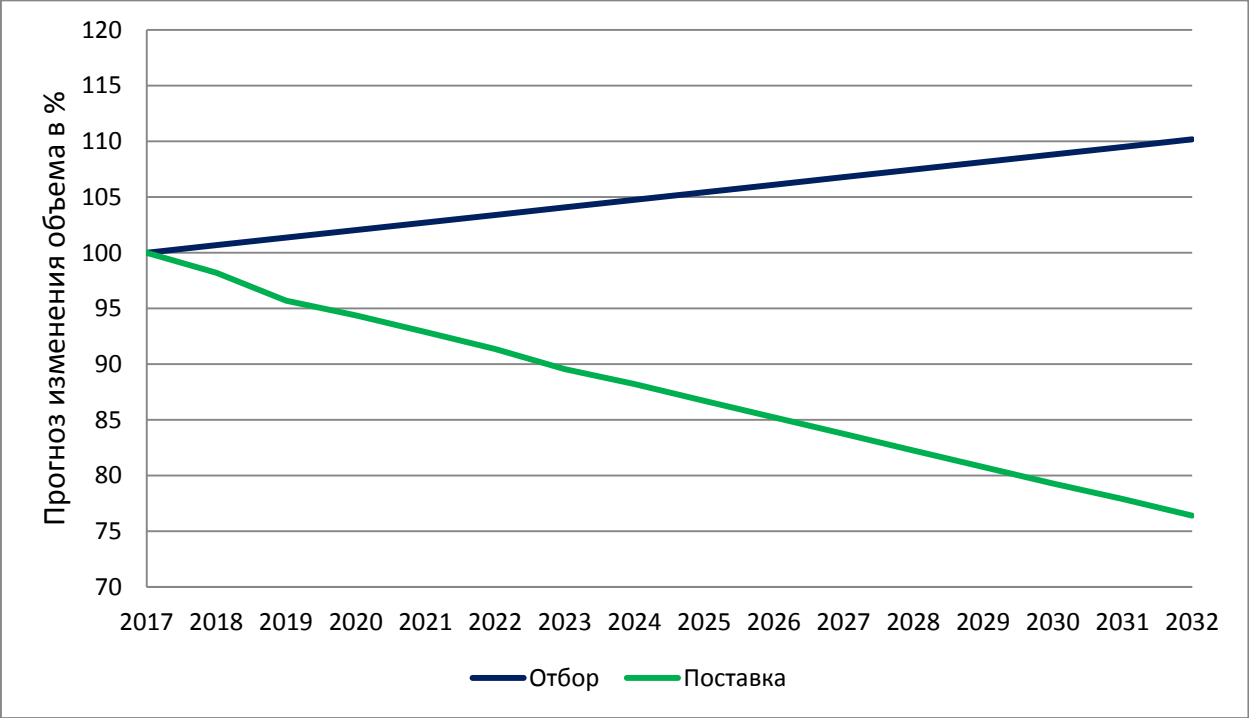


Рисунок 12. Перспективы поставки отбора газа в *****ой ГТС

В ООО «***** трансгаз *****» реализуется программа энергоресурсосбережения направленная на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов (электроэнергии и природного газа) при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования при осуществлении транспорта газа. Значительная часть используемого природного газа при его транспортировке приходится на топливный газ газотурбинного газоперекачивающего агрегата компрессорной станции. Таким образом, задачей энергоресурсосбережения сводиться к эффективному использованию топливного газа для энергоэффективной работы компрессорных станций.

Итак, проблемой построения эффективного режима работы *****ой ГТС в целом и компрессорной станции «*****» в частности, является снижение объема транспортируемого газа, что приводит к нерасчетным режимам работы компрессора и падению значений коэффициента полезного действия (КПД). Для решения данной проблемы могут быть использованы следующие методы:

- реконструкция компрессорной станции с заменой установленных ГПА;
- проектирование и установка центробежного нагнетателя другого типа и его интеграция с уже установленным приводом;
- проектирование и установка сменной проточной части (СПЧ) с необходимыми характеристиками, в существующий штатный корпус установленного на КС нагнетателя. СПЧ центробежного газового компрессора – это газодинамическая вставка, конструктивно обеспечивающая основные технологические параметры компрессора (мощность, степень сжатия, расход рабочего тела).

Очевидно, что последний вариант является наиболее экономически приемлемым. Замена СПЧ позволит обеспечить необходимое изменение параметров газоперекачивающих агрегатов на компрессорной станции, при этом существенно снизив затраты на их реконструкцию, а также выстроить оптимальный (энергоэффективный) режим работы газотранспортной системы.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Расчетная часть

В данном разделе представлены гидравлические расчеты, выполненные в соответствии с нормами технологического проектирования магистральных газопроводов СТО ***** 2-3.5-051-2006, с использованием программного обеспечения «*****» и расчетным методом. Математическое моделирование (гидравлические расчеты) развития ЕСГ позволяет оценить технические возможности проектируемых газотранспортных систем для транспортировки перспективных объемов газа потребителям, оценить реализуемость альтернативных вариантов развития, в том числе сопоставить их по различным критериям. Выбор конкретных решений зависит от состояния рассматриваемых систем, и в большинстве случаев совокупность таких решений индивидуальна для каждого субъекта и отличается от других газотранспортных систем по ряду параметров. Газотранспортные системы технологически связаны друг с другом, поэтому для согласования их перспектив развития необходим единый подход к формированию перспектив развития всей единой системы газоснабжения. При этом необходимо учитывать как их техническое состояние (например, техническое состояние трубопроводов, оборудования КС, уровни разрешенных рабочих давлений, возрастную структуру и проч.), так и различные предъявляемые к ним требования (например, повышенные требования к надежности и бесперебойности поставок газа потребителям, требования по транзитным поставкам газа в соседние регионы и проч.). Таким образом, перспективы развития транспорта газа с одной стороны и техническое состояние газотранспортной системы с другой определяют выбор решений по развитию и реконструкции ЕСГ.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Косых В.Г.			Расчетная часть	Лит.	Лист
Руковод.		Рудаченко А.В.					Листов
Консульт.							48
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.					87
						группа з-2Т01	

При оценке перспектив развития ГТС необходимо учитывать возможности по поставкам газа в регион (как текущие, так и на перспективу). Такая оценка должна использовать результаты решений потоковых задач на агрегированных схемах ЕСГ. В качестве информации о перспективном потреблении должны выступать оценки перспективного спроса на газ агрегированными потребителями региона. Моделирование должно проводиться исходя из условий обеспечения транзитных поставок газа по ГТС в соседние регионы РФ. В качестве ограничений должны выступать технически-возможные пропускные способности участков систем подводящих газопроводов, в том числе и их оценки на перспективу.

Гидравлические расчеты режимов работы ГТС совместно с моделированием потоков газа в ЕСГ и оценками возможностей по поставкам дополнительных объемов газа в регионы позволяют сформировать варианты развития ЕСГ. Сопоставление вариантов может проводиться по различным критериям (стабильность поставок газа, реализуемость, технологичность, экономическая эффективность, адаптивность, ремонтпригодность и проч.) с применением методов системного и экспертного анализа.

Расчетные нагрузки оказывают решающее влияние на выбор технологических параметров и надежность функционирования газотранспортных систем. Нагрузки определяются с учетом перспективы социально-экономического развития газифицированной территории или населенного пункта. Обоснование производственных мощностей газопроводов должно основываться на учете всех перспективных потребителей в соответствии с Генеральными схемами газоснабжения и газификации регионов.

На основании технологических схем ГТС ООО «***** трансгаз *****» и ООО «***** трансгаз *****», нормативно справочной информации и данных журналов диспетчера была сформирована расчетная схема проекта.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Притоки и отборы газа по всем источникам приняты на основании перспективных данных поставщиков, потребителей с учетом реальной динамики развития за последние пять лет.

Схемы работы компрессорных цехов компрессорных станций, схемы работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА), типы и фактические режимы работы ГПА, данные режимов эксплуатации систем магистральных газопроводов приняты на основании журнала диспетчера ООО «***** трансгаз *****» и ООО «***** трансгаз *****» с учетом программ по реконструкции.

Процедура адаптации математической модели к фактическим условиям эксплуатации выполнялась исходя из условия минимизации функционала расхождения измеряемых и расчетных параметров объектов. В результате адаптации были получены коэффициенты эффективности и теплообмена для линейной части и поправки на математические модели компрессорного оборудования. Полученная модель с достаточной степенью достоверности описывает фактические условия эксплуатации системы.

3.1 Расчетная модель комплекса «*****»

При движении реального газа по трубопроводу происходит значительное падение давления по длине в результате преодоления гидравлических сопротивлений.

Газ – сжимаемая система. В случае сжимаемой системы плотность газа будет изменяться по длине участка трубопровод и в этих условиях плотность газа уменьшается ($P \downarrow \rightarrow \rho \downarrow$). Тогда из условий закона сохранения массы транспортируемой системы: $\rho \cdot V = const$. Откуда следует, что линейная скорость движения такой системы монотонно возрастает от начала участка к его концу.

Установившееся изотермическое ($T = const$) движение газа в газопроводе описывается системой трех уравнений и включают.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Уравнение Бернулли, закон сохранения энергии:

$$\frac{dP}{g\rho_r} + v \frac{dv}{2g} + dz + \lambda \frac{dx}{x} \frac{v^2}{2g} = 0 \quad (1)$$

2. Уравнение состояния:

$$P = \rho_r \cdot R_r \cdot T_z \quad , \quad (2)$$

$$R_r = \frac{R}{M} \quad (3)$$

3. Закон сохранения массы, выражающийся в постоянстве массового расхода:

$$G = \rho_r \cdot v \cdot s = const \quad (4)$$

При этом следует помнить, что изотермический процесс описывается уравнением Бойля-Мариотта:

$$\frac{P}{\rho} = const \quad (5)$$

При выводе расчетной формулы вторым и третьим слагаемыми в уравнении (1) пренебрегают, т.к. считают, что увеличения линейных скоростей в газопроводе не происходит и газопровод проложен горизонтально. При этих допущениях уравнение (1) запишется в виде:

$$-\frac{dP}{g\rho_r} = \lambda \frac{dx}{d} \frac{v^2}{2g} = 0 \quad (6)$$

Определим из (4) линейную скорость и подставим в (6), получаем:

$$-\frac{dP}{g\rho_r} = \lambda \frac{dx}{d} \frac{G^2}{2gS^2\rho_r^2} = 0 \quad (7)$$

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Умножив левую и правую части (7) на ρ_r^2 и сократив g , получим:

$$\rho_r dP = \lambda \frac{dx}{d} \frac{G^2}{2S^2} \quad (8)$$

Из (3) выразим величину ρ_r и подставим в выражение (8), получим:

$$-\frac{PdP}{zR_r T} = \lambda \frac{dx}{d} \frac{G^2}{2S^2} = 0 \quad (9)$$

Возьмем интеграл от данного уравнения в пределах от начального давления P_1 до конечного P_2 в газопроводе длиной от 0 до L :

$$-\frac{1}{zR_r T} \int_{P_2}^{P_1} PdP = \lambda \frac{G^2}{2S^2} \int_0^L dx \quad (10)$$

Подставив вместо площади величину $S = \frac{\pi d^2}{4}$, получим окончательно:

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{2zR_r T} = \lambda \frac{16G^2 L}{2d^5 \pi^2} \quad (11)$$

или

$$G = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2)d}{\lambda z R_r T L}}, \text{ кг/с} \quad (12)$$

Формула (12) является основной для расчета массового расхода газа по трубопроводу.

3.2 Исходные данные

Исходным данными для расчета будут являться планируемые перспективные режимы работы ГТС, а также характеристики предлагаемой СПЧ для ГПА КС «*****».

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Новая СПЧ будет устанавливаться в существующий корпус нагнетателя НЦ 235-24-1 и иметь характеристики, указанные в таблице 2.

Таблица 2. Основные технические характеристики предлагаемой СПЧ
ГПА КС «*****»

Производительность, отнесённая к 20°C и 0.1013 МПа, млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$	8,0
Давление газа конечное, абсолютное на выходе из нагнетательного патрубка, МПа	5,4
Степень сжатия (номинальная)	1,7
Политропный КПД, не менее	0,83
Мощность, потребляемая нагнетателем, МВт	9,0
Частота вращения ротора, об/мин	4800

Перспективные режимы работы *****ой ГТС рассчитывалась с учетом:

- перспективной подачи газа от «местных» источников *****ой системы (рис. 13);
- прогнозов по отбору газа потребителями *****ой системы (рис. 14);
- предварительных (расчетных) газодинамических характеристик СПЧ, предоставленных проектным институтом и интегрированных в программно-вычислительный комплекс «*****».

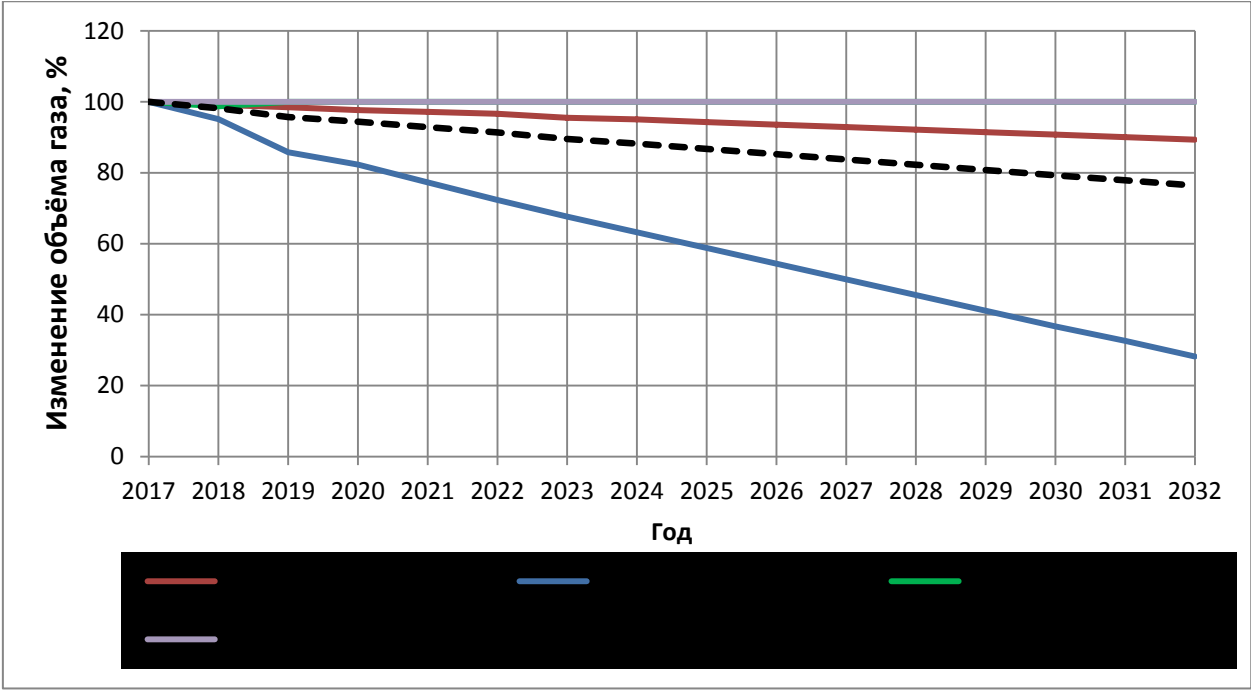


Рисунок 13. Прогноз поступления газа в ***** ГТС от поставщиков

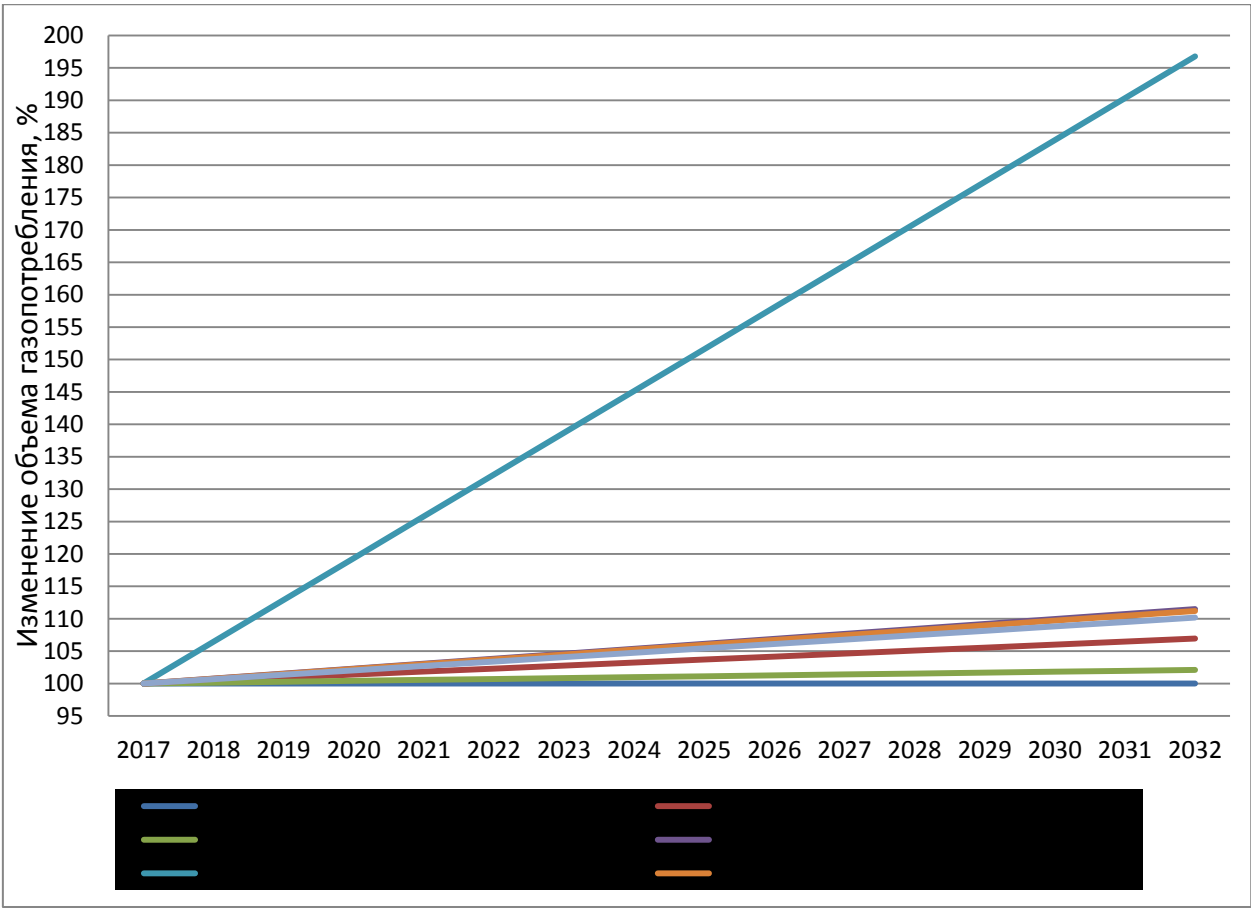


Рисунок 14. Прогноз газопотребления в *****ой ГТС

3.3 Гидравлический расчет

Гидравлический расчет исходя из заданных условий был выполнен на комплексе моделирования и оптимизации «*****».

Принимая во внимание режим работы *****ой системы, был рассчитан средневзвешенный энергосберегающий эффект от оптимизации режима работы ГТС с учетом модернизации КС «*****» на каждый год горизонта планирования по каждому виду затрачиваемых топливно-энергетических ресурсов на собственные технологические нужды газотранспортных Обществ для дальнейшего расчета экономической эффективности.

Среднегодовая экономия ТЭР рассчитана на основе гидравлических расчетов составила:

- по электроэнергии ***** тыс.кВт*час;
- по топливному газу ***** млн.м³.

Ниже будет более подробно рассмотрен способ расчета и оптимизации режима работы ГТС при помощи КМО «*****».

3.4 Оптимизация режима работы ГТС с помощью КМО «*****»

Исходные данные для расчета: детальная схема МГ с указанием длин, диаметров и коэффициентов гидравлической эффективности, технические характеристики КС, объемы подачи газа от поставщиков и отборы газа ГРС, ограничения по рабочим давлениям.

Задав граничные условия для расчета рассматриваемой ГТС, проводим оптимизационный расчет по критерию «Максимум производительности».

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

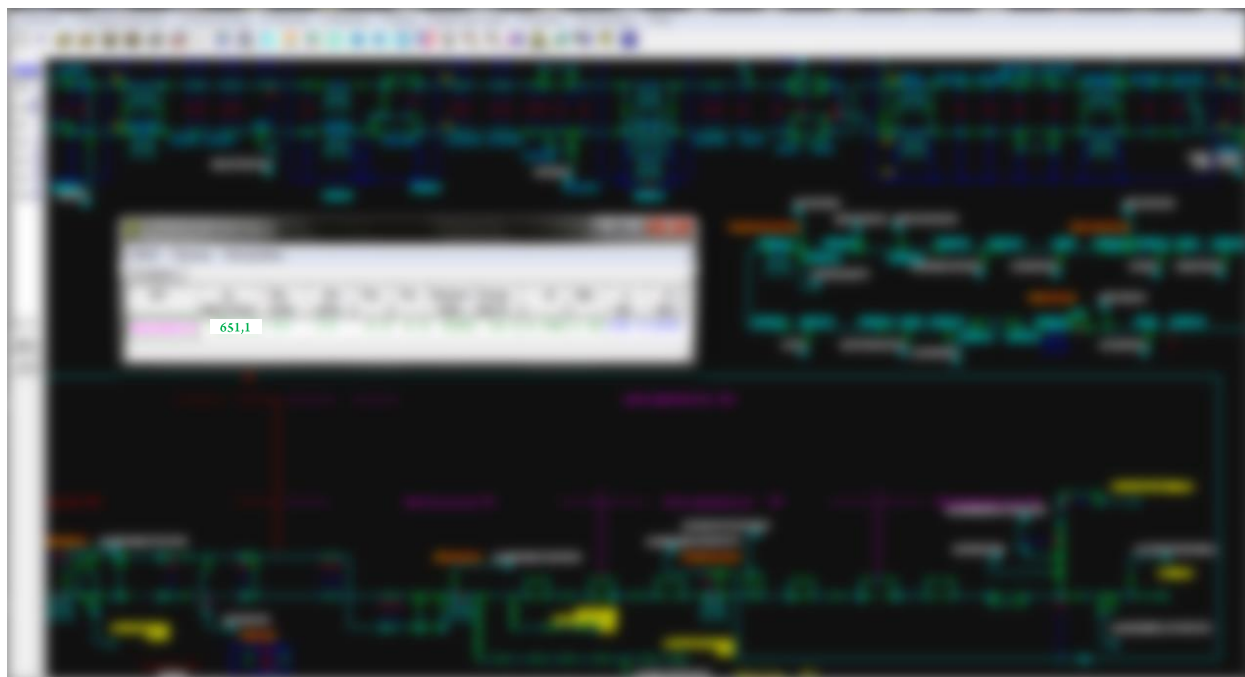


Рисунок 15. Модель расчета режима работы ГТС

На первой этапе был проведен расчет и оптимизация режимов работы ГТС в период 2017 – 2024 гг. с существующими характеристиками КС «*****». Результаты расчета и объем потребления топливного энергетических ресурсов приведен в приложении 1.

На следующем этапе были внесены корректировки характеристик КС «*****» с учетом параметров проектируемой СПЧ, указанных в таблице 2, в базу данных ПВК «*****», и аналогично первому этапу, была проведена оптимизация режимов работы ГТС в период 2017 – 2024 гг. Результаты расчета и объем потребления топливного энергетических ресурсов приведен в приложении 2.

На следующем этапе был проведен сравнение и анализ режимов работы *****ой ГТС с существующей СПЧ КС «*****» и режимов работы ГТС с учетом предполагаемой замены СПЧ.

Данные по экономии ТЭР представлены в Приложении 3

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Экономическая часть

В основу оценки эффективности проекта положены следующие основные принципы:

- рассмотрение проекта на протяжении всего его жизненного цикла (расчетного периода);
- моделирование денежных потоков, включающих все связанные с осуществлением проекта притоки и оттоки денежных средств за расчетный период;
- принцип положительности и максимума эффекта.

К основным показателям экономической эффективности относятся:

- чистый доход;
- внутренняя норма рентабельности;
- срок окупаемости.

4.1. Прогноз уровня инфляции, роста тарифов на электроэнергию, цен на газ

Согласно Прогнозу социально-экономического развития Российской

[Redacted text block]

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Косых В.Г.			Экономическая часть			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Рудаченко А.В.								57	87	
Консульт.		Вазим А.А.						группа з-2Т01				
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.										

[REDACTED]

4.2. Расчетный период

Для рассмотрения результативности рассматриваемых вариантов принят расчетный период («горизонт расчета», период реализации проекта) 8 лет – с 2017г. по 2024г. Достаточно длительный расчетный период вызван большим сроком полезного использования объекта магистрального транспорта газа с учетом производства работ (2 года), а также значимостью. Шаг расчета – 1 год.

4.3. Потребность в инвестициях

Капитальные вложения в модернизацию ГПА КС определены укрупненно на основании объемов работ и удельных показателей стоимости в текущих ценах 2016 г.

При выполнении расчетов были использованы показатели стоимости работ по проектированию, изготовлению и монтажу СПЧ, предоставленные проектным институтом ****.

Применяемые стоимостные показатели и величина капитальных вложений приведены в таблицах 1-7.

Таблица 1. Общая смета затрат на проведение работ по проектированию и изготовлению опытного образца СПЧ нагнетателя.

№ п/п	Наименование статьи	Сумма, руб.	Сумма, руб.	Обоснование
		■	■	
1	Материалы	■	■	расчет №1
2	Заработная плата	■	■	расчет №2
3	Страховые взносы на оплату труда	■	■	расчет №3
4	Амортизация	■	■	расчет №4
	Прочие:			
5	Командировочные расходы	■	■	расчет №5
6	Спецоборудование для выполнения работ	■	■	расчет №6
7	Расходы на научно-техническую информацию и издательскую деятельность	■	■	
8	Прибыль (10 %)	■	■	
9	Итого (по годам)	■	■	
10	НДС (не облагается)	■	■	
И	Итого с НДС (по годам)	■	■	
12	Итого с НДС	■		

Таблица 2. Расчет №1.Расшифровка затрат по статье «Материалы»

№ п/п	Наименование статьи расходов	Стоимость, руб.	
		2016 г.	2017г.
1	2	3	4
1	стальные заготовки (марка стали с механическими характеристикам не ниже, чем сталь 20Х13Ш), листы/полосы 22 шт.	■	■
2	научно-техническая литература	■	■
3	канцтовары	■	■
4	расходные материалы для оргтехники	■	■
5	носители хранения информации	■	■
6	Всего (по годам)	■	■
7	ИТОГО	■	

Таблица 3. Расчет №2.Расшифровка затрат по статье «Оплата труда»

№ п/п	Наименование статьи расходов	Количество, час	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.	
				2016 г.	2017 г.
1	2	3	4	5	6
1	руководитель темы, д.т.н., профессор	■	■	■	■
2	зам. руководителя по научной работе, д.т.н., профессор	■	■	■	■
3	зам. руководителя по эксперимент, работе, д.т.н., профессор	■	■	■	■
4	ответственный исполнитель, к.т.н., доцент	■	■	■	■
5	начальник вычислительного центра, к.т.н., доцент	■	■	■	■
6	инженеры вычислительного центра (6 человек)	■	■	■	■
7	зав. лабораторией, д.т.н., главный научный сотрудник (2 человека)	■	■	■	■
8	программист (2 человека)	■	■	■	■
9	инженер-конструктор (6 человек)	■	■	■	■
10	инженер-технолог (2 человека)	■	■	■	■
11	внешняя экспертиза проекта (4 человека)	■	■	■	■
12	районный коэффициент (15%)			■	■
13	Всего (по годам)			■	■
14	ИТОГО			■	

Для определения затрат по оплате труда в расчете указана стоимость рабочего времени специалистов по договору (в зависимости от занимаемых должностей); трудозатраты специалистов определены, исходя из ориентировочного времени, которое необходимо для выполнения работы.

Таблица 4. Расчет №3. Расшифровка затрат по статье страховые взносы на оплату труда.

№ п/п	Наименование статьи расходов	Стоимость, руб.	
		2016 г.	2017 г.
1	2	3	4
1	Пенсионный фонд Российской Федерации (22%);	■	■
2	Федеральный фонд обязательного медицинского страхования (5,1%);	■	■
3	Фонд социального страхования Российской Федерации (2,9%);	■	■
4	Страховые взносы на производственный травматизм (0,2%)	■	■
5	Всего (по годам)	■	■
6	ИТОГО	■	

За основу были взяты ставки страховых взносов, действующие в 2016 году на территории РФ.

Таблица 5. Расчет №4. Расшифровка затрат по статье «Амортизация»

№ п/п	Наименование статьи расходов	Стоимость, руб.	
		■	■
1	Рабочая станция (стоимость - ■ руб.)	■	■
2	Всего (по годам)	■	■
3	ИТОГО	■	

В расчете по статье «Амортизация» определены затраты на рабочую станцию, которую предполагается использовать для выполнения работ.

Таблица 6. Расчет №5. Расшифровка затрат по статье «Командировочные расходы»

№ п/п	Наименование статьи расходов	Количество	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.	
				2016 г.	2017 г.
1	2	3	4	5	6
1	суточные (12 человек);	(12*30) сут.	■	■	■
2	проезд к месту выполнения работ ж/д транспортом;	(6*6) выездов	■	■	■
3	проезд к месту выполнения работ авиа транспортом;	(6*6) выездов	■	■	■
4	проживание в гостинице (12 человек)	(12*24) сут.	■	■	■
5	Всего (по годам)			■	■
6	ИТОГО			■	

Затраты на командировки работников непосредственно занятых при оказании консультационных услуг определяются исходя из конкретных особенностей предмета договора с учетом ориентировочных данных стоимости проезда к месту проведения работ и оплаты гостиничных услуг в месте назначения.

Таблица 7. Расчет №6. Расшифровка затрат по статье «Командировочные расходы»

№ п/п	Наименование статьи расходов	Стоимость, руб	
		2016 г.	2017 г.
1	рабочая станция (ПК)		■
2	контрольно-измерительные приборы для испытаний	■	
3	Всего (по годам)	■	■
4	ИТОГО	■	

Выбор специального оборудования, необходимого для выполнения работ (рабочая станция высокой производительности для выполнения расчетных исследований и КИП повышенной точности для проведения испытаний), произведен исходя из особенностей проведения работ.

4.4 Показатели экономической эффективности

Экономия топливно-энергетических ресурсов в ходе реализации проекта переоснащения компрессорной станции «Омская» достигается за счет перераспределения нагрузки между компрессорными станциями ****ой ГТС, а именно снижения потребления электроэнергии предыдущими по ходу движения газа электроприводными компрессорными станциями (КС «****», КС «****»), а также снижения расхода топливного газа непосредственно на КС «****» за счет изменения схемы включения потребителей г. Омска (переключения с выхода на вход КС). Данные по экономии топливно-энергетических ресурсов в период расчета с 2017 по 2024 гг. представлены в таблице 9.

Согласно прејскуранта № 04-03-28-2015 «

» цена за **** м³ составляет *** рублей.

Согласно Приказа Департамента тарифного регулирования ****ой области от **** № **** «Об утверждении единых тарифов по передаче электрической энергии по электрическим сетям на территории ****ой области» стоимость 1 кВт*ч электрической энергии для ООО «**** трансгаз ****» на 2016 год составляет **** рубля.

Принимая во внимание Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации, прогноз изменения тарифов на электроэнергию и природный газ представлен в таблице 8.

Таблица 8. Прогноз изменения тарифов на расчетный период

Текущий тариф, руб.	Прогнозируемый тариф, руб.				

Таблица 9. Экономия ТЭР по годам периода расчета

параметр	ед. изм.	период							
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
экономия ЭЭ	кВт*ч								
тариф ЭЭ	руб/кВт*ч								
экономия ЭЭ	тыс.руб.								
экономия ТГ	тыс.м3								
тариф ТГ	руб/тыс.м3								
экономия ТГ	тыс.руб.								
Общая экономия ТЭР	тыс.руб.								

Общий объем экономии электрической энергии, потребляемой компрессорными станциями составит **** кВт*ч, объем снижения потребления топливного газа составит **** тыс. м3, общая сумма экономии топливно-энергетических ресурсов за расчетный период составит ****тыс. рублей.

Срок окупаемости проекта – 1,5 года. Начиная с 2018 года, проект будет приносить дополнительную прибыль предприятию, общая сумма которой к 2024 году составит ****тыс. рублей.

5. Социальная ответственность

Производственная безопасность - это система организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность (риск) воздействия на работающих опасных производственных факторов до приемлемого уровня.

В работе рассматривается рабочее место диспетчера компрессорной станции, анализируются вредные и опасные производственные факторы, воздействующие на персонал, а также меры, направленные на снижение этого негативного воздействия.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) предприятий горнодобывающей, химической, нефтехимической, газовой промышленности, применяющих в технологических процессах или производящих взрывоопасные и токсичные вещества, работают на объектах, где определенные участки производства характеризуются либо постоянным наличием взрывоопасной среды, либо существует потенциальная опасность появления такой среды в случае аварий или отклонений от нормального течения технологического процесса. Вот почему выбор высоконадежных и экономичных технических решений, обеспечивающих защиту предприятия от возможных возгораний и взрывов, является одной из первоочередных задач при проектировании АСУ ТП.

Последствия таких техногенных катастроф могут привести как к человеческим жертвам, так и к необратимому ущербу для окружающей среды. Необходимо учитывать, что датчики, электротехническое и электронное оборудование, а также линии связи между ними, кроме всего

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.		Косых В.Г.			Социальная ответственность	Лит.		Лист	Листов	
Руковод.		Рудаченко А.В.						65	87	
Консульт.		Гуляев М.В..				группа з-2Т01				
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.								

прочего, находятся в неблагоприятных условиях промышленного предприятия. Из-за существенной протяженности линий связи (обычно она составляет несколько сотен метров) вероятность их повреждения в результате отказа или аварии того или иного технологического агрегата достаточно высока. Поэтому при проектировании необходимо принимать меры, направленные на обеспечение защиты элементов системы от возможных аварийных ситуаций.

Эксплуатацию и обслуживание компрессорной станции «Омская» и прилегающих участков магистрального газопровода «****», (1522 – 1759 км.) и «****», (0-138км) осуществляет **** линейное производственное управление магистральных газопроводов ООО «**** трансгаз ****».

Площадка компрессорной станции «****» входит в состав газопровода «****». Газопровод предназначен для подачи газа из газопровода «****» потребителям ****ой, ****ой, ****ой областей и ****го края. Площадка КС размещается на землях колхоза «****» (пашня, околки, луг) **** района **** области на расстоянии 250 метров от газопровода. Ближайший населенный пункт «****» расположен в 12 км от компрессорной станции «****» предназначена для повышения давления природного газа, с целью дальнейшего транспортирования его по газопроводу. Проектная производительность 32 млн. м³ /сут. природного газ, фактическая производительность составила 18,2 млн. м³/сут.

5.1. Анализ вредных производственных факторов

Вредный производственный фактор [Вредный фактор] – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определённых условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или) отрицательному влиянию на здоровье потомства [6].

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Одним из вредных производственных факторов рабочего места диспетчера является недостаточная естественная освещенность рабочей зоны. Для компенсации недостаточности освещения в помещении диспетчерской, размер которого 8х6х4 м, установлены светильники типа ПВЛ, с лампами ЛД-80. Световой поток лампы ЛД-80 составляет 4250 Лм. В помещении установлено 6 светильников с 4 лампами в каждом светильнике, что обеспечивает необходимую освещенность $E=400$ Лк.

Следующим вредным производственным фактором является шумовое воздействие работающего компрессора на персонал. Для защиты персонала от данного воздействия отделка помещения диспетчерской выполнена из звукопоглощающих материалов, таким образом, уровень шума внутри помещения не превышает 30дБ.

Для снижения электромагнитного излучения, создаваемого ПЭВМ, на рабочем месте диспетчера применяются жидкокристаллические мониторы. Фоновый уровень электрического поля не превышает 500 В/м, что соответствует СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

5.2. Анализ опасных производственных факторов

Опасный производственный фактор [Опасный фактор] – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определённых условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья или смерти [6].

На объектах магистрального газопровода, в том числе компрессорных станциях, очень часто возникают условия, при которых существует вероятность возникновения пожара или взрыва. Для защиты как оборудования, так и обслуживающего персонала должны быть приняты меры предосторожности, создающие условия, при которых во взрывоопасных средах вероятность возникновения взрыва сводится к нулю.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основным опасным производственным фактором на объектах МГ и КС является возможное появление газа – метана, смесь которого с атмосферным воздухом в концентрации от 5 до 15% взрывоопасна [6].

Известно много способов взрывозащиты, обеспечивающих безопасную эксплуатацию электрооборудования во взрывоопасных средах. Государственные, а в некоторых случаях международные стандарты и правила безопасности устанавливают эти способы и подробно определяют, каким образом следует разрабатывать и применять различное оборудование. С химической точки зрения, окисление, горение и взрыв являются экзотермическими реакциями, происходящими с различными скоростями. Для осуществления таких реакций необходимо наличие следующих трех компонентов в соответствующих пропорциях:

- топливо — легковоспламеняющиеся пары, жидкости или газы, горючая пыль, горючая смесь;
- окислитель — обычно воздух или кислород;
- энергия воспламенения — электрическая или тепловая.

В зависимости от того, каким образом происходит реакция, результатом может быть нормированное горение, волна огня или взрыв.

Все методы защиты, применяемые в настоящее время, пытаются исключить один или более компонентов для того, чтобы уменьшить риск возникновения взрыва до приемлемого уровня. В корректно спроектированной системе, как правило, допускается, что должны возникнуть две или более независимые неисправности, каждая с небольшой вероятностью, для того чтобы возможный взрыв произошел.

Для кислородосодержащей атмосферы риск воспламенения взрывоопасной смеси зависит от вероятности одновременного наличия следующих двух условий:

- образование легковоспламеняющихся или взрывоопасных паров, жидкостей или газов, горючей пыли в атмосфере или скопление огнеопасных или взрывчатых веществ;

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– наличие источника энергии: электрической искры, электрической дуги или температуры, достаточной для воспламенения, т. Е. того, что способно воспламенить опасную смесь. Для каждого топлива существует минимальная энергия поджигания (МЭП), которая соответствует идеальной пропорции топлива и воздуха, в которой смесь легче всего воспламеняется. Ниже МЭП поджигание невозможно в любой пропорции.

Для концентрации ниже, чем величина, соответствующая МЭП, количество энергии, требующейся для воспламенения смеси, увеличивается до тех пор, пока значение концентрации не станет меньше значения, при котором смесь не может воспламениться из-за малого количества топлива. Эта величина называется нижней границей взрыва (НГВ). Аналогичным образом при увеличении концентрации количество необходимой для воспламенения энергии растет, пока концентрация не превысит значения, при котором воспламенение не может произойти из – за недостаточного количества окислителя. Это значение называется верхней границей взрыва (ВГВ).

С практической точки зрения, НГВ является более важной и существенной величиной, чем ВГВ, потому что она устанавливает в процентном отношении минимальное количество топлива, необходимого для образования взрывоопасной смеси. Эта информация важна при классификации опасных зон. МЭП (минимальная энергия, требуемая для поджигания смеси воздуха и топлива при наиболее благоприятной концентрации) является фактором, на котором основан такой вид взрывозащиты, как искробезопасная электрическая цепь. В этом случае энергия, освобождаемая электрической цепью, даже при аварийных условиях ограничивается до более низкого значения, чем МЭП.

5.3. Меры, направленные на устранение опасных факторов

Технологические процессы с возможной опасностью возникновения взрыва или пожара в таких, например, отраслях, как нефть – или

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

газодобывающая, нефтехимическая, химическая, фармацевтическая и т.д., требуют определения заводских опасных зон с возможным наличием огнеопасных смесей. Понятие «взрывоопасная зона» в «Правилах устройств электроустановок» трактуется следующим образом: взрывоопасная зона — это помещение или ограниченное пространство в помещении и наружной обстановке, в которых имеются или могут образовываться взрывоопасные смеси.

В этих зонах для обеспечения безопасной эксплуатации электрооборудования и электротехнических установок применяются соответствующие виды взрывозащиты.

Еще одним опасным производственным фактором работы диспетчера является опасность поражения электрическим током. Для обеспечения электробезопасности диспетчерского персонала осуществляется заземление металлических корпусов оборудования. В электрических цепях оборудования устанавливаются устройства защитного отключения.

5.4. Критерии для классификации взрывоопасных зон

Набор критериев для классификации взрывоопасных зон базируется на вероятности и продолжительности присутствия огнеопасных смесей, а также концентрации и типе огнеопасных веществ (газ, пар, жидкость, пыль) в совокупности с такими физическими параметрами, как температура вспышки, температура самовоспламенения и минимальная электрическая энергия поджигания.

Международная Электротехническая Комиссия (МЭК, МЭК 79 - 10 Classification of Hazardous Areas) и Европейское сообщество (Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC, EN 60079 - 10 Classification of Hazardous Areas) рассматривают в своих стандартах три основных вида взрывоопасных зон размещения оборудования (в России согласно «Правилам устройства электроустановок» взрывоопасные зоны подразделяются на классы).

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зоны 0 (зоны класса В - I) — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в таком количестве и обладающие такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т.д.;

Зоны 1 (зоны класса В - Ia) – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей;

Зоны 2 (зоны класса В - Ib, зоны класса В - Ig) – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Стандартом EN 1127 - 1 «Machine safety/fire and explosion protection» Part 1: Explosion protection для смесей воздуха с мелкодисперсионными твердыми горючими веществами установлены следующие взрывоопасные зоны:

Зоны 20 — зоны, расположенные в помещениях, в которых длительный срок, часто или постоянно присутствует взрывоопасная газообразная атмосфера в форме облака пыли и в которых пыль может накапливаться и образовывать слой неопределимой или чрезмерной толщины. Отдельные отложения пыли не образуют Зону 20;

Зоны 21 (зоны класса В - II) — зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и обладающие такими свойствами, что они способны образовать взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов);

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зоны 22 (зоны класса В - IIa) — зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные для зон класса В - II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Естественно, что Зона 0 (зоны класса В - I) представляет собой более высокую степень опасности, чем Зона 1 (зоны класса В - Ia) и соответственно Зона 2 (зоны класса В - Ib, Ig). Участки с опасностью ниже, чем в Зоне 2, считаются неопасными, поэтому здесь могут быть применены обыкновенные правила по установке и эксплуатации электрооборудования.

Во взрывоопасных зонах классов В - II и В - IIa рекомендуется применять электрооборудование, специально предназначенное для работы во взрывоопасных смесях горючих волокон или пыли с воздухом. Допускается применять во взрывоопасных зонах класса В - II взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах с газопаровоздушными смесями, а в зонах класса В - IIa — электрооборудование общего назначения (без средств взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли [32].

5.5. Экологическая безопасность

Природный газ из газопровода «****» через узел подключения, расположенный в 250 метрах к северу от компрессорной станции, поступает на установку очистки газа от твердых и жидких загрязнений. Установка очистки газа имеет три пылеуловителя ГП 743.01.00.000-02. Для проведения технического освидетельствования каждый пылеуловитель один раз в 2 года освобождается от газа через свечи высотой 12 метров и диаметром 0,05 метра.

После очистки газ поступает на компримирование (сжатие) через входной коллектор (трубопровод длиной 250 метров и диаметром 1020 мм, имеющий замкнутую конфигурацию). После компримирования газ поступает

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

в коллектор нагнетания (трубопровод длиной 310 метров и диаметром 1020 мм также замкнутой конфигурации) Для нормального запуска компрессоров в цехе предусмотрен кольцевой коллектор, соединяющий всас и нагнетание компрессоров (трубопровод длиной 120 м и диаметром 520 мм). Во время ремонта трубопроводы освобождаются от природного газа через свечи высотой 8 метров и диаметром 89 мм.

В цехе установлены два газоперекачивающих агрегата в блочном исполнении типа ГПУ-10. Газоперекачивающие агрегаты имеют в качестве привода компрессора тепловые газотурбинные двигатели, работающие на природном газе. Отвод дымовых газов от газоперекачивающего агрегата производится через выхлопные шахты сечением 3х2,6 метра, высотой 12,2 метра. Периодически газоперекачивающие агрегаты останавливаются для проведения планово-предупредительного ремонта или выводятся в резерв. При этом газ, находящийся в полости нагнетателя и трубопроводах его обвязки, стравливается в атмосферу через свечи высотой 6 метров и диаметром 0,1 метра. Время остановки газоперекачивающих агрегатов, согласно технологического регламента 20 минут.

При пуске агрегата полость нагнетателя с трубопроводами обвязки продувается природным газом с целью освобождения их от воздуха. Газ продувки стравливается в атмосферу через свечи высотой 12 метров и диаметром 0,2 метра. Количество пусков и остановок газоперекачивающих агрегатов определяется по фактическим диспетчерским данным КС. Количество пусков соответствует количеству остановок. Одновременно останавливается (пускается) один агрегат. Время пуска газоперекачивающих агрегатов, согласно технологического регламента не превышает 30 минут. В год на каждый агрегат приходится по 12 пусков/остановов.

Для подготовки топливного, пускового и импульсного газа предусмотрен блок подогревателей и блок редуцирования. Два подогревателя газа, типа ПТПГ-30, работают в холодный период года. Продукты сгорания газа отводятся в атмосферу через дымовые трубы диаметром 0,1 метра и

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

высотой 8 метров. Подогреватель регенерации газа работает 4 раза в год по 24 часа. Выбросы производятся через дымовую трубу диаметром 0,2 метра и высотой 5,5 метра.

При ревизии и замене шайб блока редуцирования один раз в год природный газ стравливается в атмосферу через свечу диаметром 0,3 метра и высотой 6 метров.

Перед подачей в газопровод природный газ охлаждается на установке, включающей аппарат воздушного охлаждения (АВО). При техническом освидетельствовании, один раз в год, АВО освобождается от газа через свечу диаметром 0,05 метра и высотой 6 метров.

Для обеспечения собственных нужд компрессорной станции установлен узел редуцирования газа. Сторонних потребителей природного газа на КС нет.

В аккумуляторном цехе имеется 120 аккумуляторов типа СК-10 и 12 СМ-432. При зарядке аккумуляторов происходит выброс загрязняющих веществ, которые удаляются через трубу высотой 10 метров, сечением 0,21х0,21 метра вытяжной вентиляции производительностью $V=1100 \text{ м}^3/\text{час}$, $W=7.9 \text{ м/сек}$.

Заправка автомобилей на КС не осуществляется. Собственных автомобилей на КС нет.

Теплоснабжение на КС предусмотрено теплоснабжение от котельной. Котельная имеет три котла типа с отдельными дымовыми трубами диаметром 0.4 метра и высотой 16.5 метра. В качестве топлива используется природный газ.

5.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

5.6.1. Анализ вероятных аварий, которые могут привести к ЧС на компрессорной станции.

К наиболее вероятным аварийным ситуациям, которые могут привести к ЧС на компрессорной станции являются:

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- утечка газа из технологического оборудования и трубопроводной обвязки ГПА и КС;

- разрыв газопровода технологической обвязки ГПА и КС.

Утечки газа происходят в результате образования свища, трещины на трубе, фасонных частях или оборудовании линейной части, а также в случае аварийного отказа в работе запорной арматуры. Утечку газа можно обнаружить приборами-газоанализаторами, а также визуально и "на слух" по следующим характерным признакам:

1. шум и запах газа;
2. изменению цвета растительности;
3. появлению пузырьков на водной поверхности в обводнённых местах;
4. потемнению снежного покрова.

Разрыв газопровода сопровождается резким хлопком, напоминающим взрыв с последующим сильным шумом, выбросом грунта, кусков металла в радиусе до 250 - 300 метров. При значительном расстоянии от места аварии, разрыв трубопровода определяется по резкому и прогрессирующему падению давления в газопроводе с обеих сторон от места разрыва.

Основными поражающими факторами аварий на газопроводах являются:

- воздушная ударная волна
- разлёт осколков
- термическое воздействие пожара;

При этом, согласно статистическим данным и расчетам, размеры зон воздействия и вероятность поражения от двух первых факторов намного меньше, чем от третьего фактора.

5.6.2. Действия персонала по локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

Для организации работ по локализации аварий, инцидентов и ликвидации их последствий разрабатывают и утверждают планы ликвидаций

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

аварий, издают приказы на проведение аварийно-восстановительных работ. Персонал организации (компрессорной станции) при авариях и инцидентах на объектах обязан:

- сообщить диспетчеру филиала эксплуатирующей организации (далее – ЭО) сведения о происшествии;
- выполнить действия согласно плану ликвидации аварий;
- принять меры по локализации места аварии, обеспечению нормальной работы исправного оборудования;
- осуществлять необходимые действия по поддержанию заданного режима работы объектов МГ и подаче газа потребителям.

Об авариях на объектах МГ ЭО извещает ПАО "****", страховую организацию и другие организации.

Определение аварийного участка объекта МГ и его локализацию (отключение от действующих газопроводов, сброс газа) производят диспетчерские службы филиалов ЭО с применением средств телемеханики или направлением аварийных бригад.

Руководство работами по ликвидации последствий аварии осуществляет назначенное приказом ЭО ответственное лицо (руководитель, технический руководитель, заместитель руководителя филиала ЭО, представитель ЭО).

Задачи ЭО и их филиалов при возникновении аварии:

- отключение аварийного участка объекта МГ со стравливанием газа;
- оповещение, сбор и выезд аварийных бригад;
- предупреждение потребителей о прекращении поставок газа или о сокращении их объема;
- принятие необходимых мер по организации оптимального режима работы объектов МГ;
- принятие необходимых мер по предотвращению нахождения в зоне аварии лиц, не задействованных в работах по ее ликвидации;

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы ****ой ГТС	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- обеспечение безопасности близлежащих транспортных коммуникаций и мест их пересечений с газопроводами, а также гражданских и промышленных объектов на основе ПЛА, в котором конкретизирована расстановка постов охраны места аварии, участки, обозначаемые сигнальной лентой, места установки предупредительных знаков и т.д.

ЭО предусматривает в договорах подряда привлечение персонала и техники специализированных организаций, выполняющих плановые работы на объектах МГ, для ликвидации последствий аварий и инцидентов.

Время (продолжительность) сбора аварийных бригад в рабочее и нерабочее время устанавливает ЭО и отражает в ПЛА.

Персонал, прибывший к месту аварии или инцидента на ЛЧ МГ, обязан:

- уточнить место и характер повреждений;
- сообщить диспетчеру филиала ЭО о месте и ориентировочных размерах повреждений, возможности подъездов и проездов, наличии и состоянии расположенных в непосредственной близости ЛЭП, нефтепродуктопроводов, железных и автомобильных дорог и другие необходимые сведения.

К ликвидации последствий аварии приступают после ее локализации, организации устойчивой радиосвязи, получения сообщений об организации постов на ТПА, отключающей аварийный участок от действующего газопровода, и принятия дополнительных мер по предотвращению ошибочной или самопроизвольной ее перестановки.

После завершения аварийно-восстановительных работ ЭО проводит:

- вытеснение газовоздушной смеси из восстановленного участка газопровода;
- заполнение и испытание на герметичность восстановленного участка газопровода природным газом в соответствии с СТО **** 14;
- пуск объекта в работу;
- снятие постов по распоряжению ответственного руководителя работ по ликвидации последствий аварии.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.7. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основными нормативными документами, которыми руководствуется диспетчерский персонал в своей работе это Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности», СТО ***** 2-3.5-454-2010 «Правила эксплуатации магистральных газопроводов», СТО ***** 8-004-2013 «Диспетчерское управление. Инструменты диспетчерского управления. Нормативно-справочная информация диспетчерского управления. Объекты диспетчерского управления», ВРД 39-1.8-055-2002 типовые технические требования на проектирование КС, ДКС и УС ПХГ.

Неотъемлемой частью подготовки к работе и проверки знаний персонала является производственное обучение и система инструктажей, которая включает в себя вводный, первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

Необходимость развития диспетчерских комплексов управления газотранспортными системами продиктована временем.

С одной стороны – увеличение количества автоматизированных систем управления технологическими процессами добычи и транспорта газа, развитие систем телемеханики, передачи информации в режиме реального времени. С другой – увеличение объема и качества информации передаваемого на верхний уровень управления, возникновение новых диспетчерских задач, связанных с либерализацией рынка газа, появление независимых поставщиков газа, возникновение биржи газа.

Диспетчер должен не только принимать правильные технологические и технические решения, но и оценивать экономические затраты от воплощения этих решений.

Энергосбережение в газовой отрасли выходит на первое место. Для решения задач энергосбережения наиболее быстро внедряемые и быстро окупаемые, менее затратные являются задачи оптимизации режимов работы газотранспортных систем.

Техническое состояние оборудования ЕСГ, проводимые ремонты, реконструкции, модернизации требуют периодической оценки технически возможной пропускной способности и производительности газотранспортных систем. Тем более, что сложившиеся потоки значительно отличаются от некогда принятых проектных решений. Определение существующих «узких» мест и возможностей использования резервов других газотранспортных систем сегодняшние задачи диспетчерского управления.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Косых В.Г.			Заключение	Лит.	Лист
Руковод.		Рудаченко А.В.					Листов
Консульт.							79
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.					87
						группа з-2Т01	

На протяжении последнего десятилетия разработка и внедрение диспетчерских комплексов управления не направлялось по единому руслу. Образовалось множество разнотипных комплексов, локально работающих на уровне газотранспортных обществ. Разными средствами решаются однотипные задачи.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы. Будущее газотранспортных предприятий немыслимо без автоматизированных систем диспетчерского управления. Достойные образцы которых уже присутствуют в арсенале диспетчеров, режимных и расчетных групп диспетчерских служб. Это подтверждено проведенными вычислениями. И основываясь на годах практического использования КМО, могу отметить, что КМО «*****», несмотря на некоторое несовершенство интерфейса, является одним из лучших программных продуктов, которые разработаны на настоящий момент.

Так же в данной работе был проведен детальный анализ коммерческой эффективности проекта реконструкции компрессорной станции путем замены сменной проточной части центробежного нагнетателя, что повлечет за собой снижение затрат топливно-энергетических ресурсов, а соответственно и себестоимости транспорта газа.

Результаты анализа однозначно свидетельствует об инвестиционной привлекательности данного проекта. Срок окупаемости проекта составит 2 года, что является весьма незначительным сроком для проектов подобного уровня.

Стоит отметить еще и тот факт, что реализация проекта обеспечит повышение надежности и гибкости в управлении потоками Единой системы газоснабжения РФ. Это усилит энергетическую безопасность Западно-Сибирского региона в части бесперебойных поставок газа потребителям, кроме того будет снижена энергетическая составляющая в себестоимости транспорта газа и при этом увеличена надежность поставок.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Используемые сокращения

PLC (Programming Logical Controller) – Программируемый логический контроллер

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – Диспетчерское управление и сбор данных

АГНКС – Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция

АРМ – Автоматизированное рабочее место

АСДУ – Автоматизированная система диспетчерского управления

БД – База данных

ВДТ – Видеодисплейный терминал

ВО – Вспомогательное оборудование

ГИС – Газоизмерительная станция

ГПА – Газоперекачивающий агрегат

ГПЗ – Газоперерабатывающий завод

ГПК – Газоперерабатывающий комбинат

ГПУ – Газопромысловое управление

ГРО – Газораспределительная организация

ГРС – Газораспределительная станция

ГТС – Газотранспортная система

ДС – Диспетчерская служба

ДУ – Диспетчерское управление

ЕСГ – Единая система газоснабжения

КМО – Комплекс моделирования и оптимизации

КС – Компрессорная станция

ЛПУМГ – Линейно-производственное управление магистральных газопроводов

ЛЧ – Линейная часть

МГ – Магистральный газопровод

ОСОДУ – Объединенная система оперативно-диспетчерского управления

ПДС – Производственно-диспетчерская служба

ППР – Планово-профилактическая ремонтная работа

СППР – Система поддержки принятия решений

СПХГ – Станция подземного хранения газа

СПЧ – Сменная проточная часть

ТТР – Товаротранспортная работа

УКПГ – Установка комплексной подготовки газа

ЦБН – центробежный нагнетатель

ЦПДД – Центральный производственно-диспетчерский департамент

ГПА КС Центральный производственно диспетчерский департамент												
					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Косых В.Г.			Сокращения			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Рудаченко А.В.								81	87	
Консульт.								группа з-2Т01				
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.										

Список использованной литературы

1. Апостолов А.А., Вербило А.С., Панкратов В.С. Автоматизация диспетчерского управления газотранспортными предприятиями. - М.: ООО «ИРЦ Газпром». – 1999.
2. СТО Газпром 2-3.5-454-2010 Правила эксплуатации магистральных газопроводов. – Взамен ВРД 39-1.10-006-2000* «Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов»; введ. в действие 2010-05-24. – М: Газпром ВНИИГАЗ, 2010. – 164 с.
3. Российская газовая энциклопедия/ Гл.ред. Р. Вяхирев. –Р76М.: Большая Российская энциклопедия, 2004. –527 с.
4. Посягин Б.С., Герке В.Г. «Справочное пособие для работников диспетчерских служб газотранспортных систем»
5. ВРД 39-1.10-069-2002 «Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов».
6. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
7. ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
8. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
9. СТО Газпром 2-3.5-051-2006 «Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов»
10. СТО Газпром 2-3.5-113-2007. Методика оценки энергоэффективности газотранспортных объектов и систем

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Косых В.Г.			Список использованной литературы	Лит.	Лист
Руковод.		Рудаченко А.В.					Листов
Консульт.							82
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.					87
						группа з-2Т01	

11. Панкратов В.С. , В.Г. Герке, С.А. Сарданашвили, С.К. Митичкин Комплекс моделирования и оптимизации режимов работы ГТС. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2002.

12. ГОСТР 51541-99 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения

13. Панкратов В.С., Вербилло А.С. Автоматизированная система диспетчерского управления ГТС. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2001. Перечень разрешенных рабочих давлений ГТС ООО «Газпром трансгаз *****».

14. Постановление Правительства РФ от 5.02.1998 г. N 162 «Об утверждении Правил поставки газа в Российской Федерации».

15. Правила пользования газом в народном хозяйстве (Утверждены Министерством газовой промышленности СССР 19 сентября 1985 года).

16. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 1999.

17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

19. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.

20. Селезнев В.Е. , Алешин В.В., Клишин Г.С. Методы и технологии численного моделирования газопроводных систем. – М., Едиториал УРСС, 2002, 448 с.

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

21. Селезнев В.Е., Клишин Г.С., Алешин В.В., Прялов С.Н., Киселев В.В., Бойченко А.Л., Мотлохов В.В. Численный анализ и оптимизация газодинамических режимов транспорта природного газа / Под ред. В.Е. Селезнева. – М., Едиториал УРСС, 2003, 224 с.

22. ГОСТР 51541-99 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения

23. Трубопроводные системы энергетики: модели, приложения, информационные технологии / Атавин А.А. Карасевич А.М., Сухарев М.Г. и др. – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУНГ, 2000.

24. Федеральный закон от 31 марта 1999 г. N 69-ФЗ "О газоснабжении в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями). – М., 1999.

25. ФЗ №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

26. РД 153-39.0-112-2001 «Методика определения норм расхода и нормативной потребности в природном газе на собственные технологические нужды магистрального транспорта газа», 22 с.

27. Проблемы системной надежности и безопасности транспорта газа: Сб. науч. тр. – М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2008. – 332 с.

28. Газотранспортные системы и технологии сегодня и завтра: Сб. науч. тр. – М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2008. – 214 с.

29. Вишневская Н.С., Яворская Е.Е., Попова А.И. Сооружение газонефтепроводов, НС и КС. – Ухта, УГТУ, 2014

30. Баранов В.Н., Богомоллов В.П. и др. Исследование технического состояния оборудования системы теплогазоснабжения.- М.: РААСН, 2001

31. Правила устройства электроустановок (седьмое издание).-М.: Энергоатомиздат, 2008

32. СТО Газпром 2-3.5-454-2010 «правила эксплуатации магистральных газопроводов» – М.:2010

					Улучшение характеристик ГПА КС как способ оптимизации режима работы *****ой ГТС	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		