

На правах рукописи



ВОЛОХИНА АЛЛА ТАГИРОВНА

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ГАЗА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА
К ПЕРСОНАЛУ**

Специальность 05.26.03 - Пожарная и промышленная безопасность
(нефтегазовая отрасль)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Уфа – 2018 г.

Работа выполнена на кафедре «Промышленная безопасность и охрана окружающей среды» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».

Научный консультант	доктор технических наук, профессор Глебова Елена Витальевна
Официальные оппоненты:	Лесных Валерий Витальевич доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ ООО «НИИГазэкономика» / центр анализа рисков, директор
	Пермяков Владимир Николаевич доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» / кафедра «Техносферная безопасность», профессор кафедры
	Абдрахимов Юнир Рахимович доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» / кафедра «Промышленная безопасность и охрана труда», профессор
Ведущая организация	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» (г. Самара).

Защита состоится « 6 » июля 2018 года в 11:00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.289.05 при ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» и на сайте <http://www.rusoil.net>.

Автореферат диссертации разослан « ___ » _____ 2018 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Абуталипова Елена Мидхатовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Национальная безопасность государства в значительной степени определяется состоянием промышленной безопасности опасных производственных объектов. Одним из основных факторов, оказывающих негативное воздействие на состояние промышленной безопасности в Российской Федерации, является недостаточный уровень квалификации и подготовки кадров.

Организация, эксплуатирующая опасные производственные объекты (ОПО) I и II классов опасности в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», обязана создавать систему управления промышленной безопасностью (СУПБ) и обеспечивать ее функционирование. Важным элементом в СУПБ является оценка компетентности персонала. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) предусмотрено обязательное обучение и аттестация работников в области промышленной безопасности. Кроме того, для обеспечения готовности организации к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий установлена необходимость проведения учебно-тренировочных занятий для отработки практических навыков и действий работников в условиях нештатной ситуации.

Известно, что на формирование профессиональных компетенций работников в области промышленной безопасности существенное влияние оказывает уровень развития их профессионально важных качеств (ПВК).

Таким образом, требования к обучению персонала в области безопасности установлены законодательно, требования к оценке и развитию ПВК не определены. В то время как способность работников, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт ОПО, самостоятельно и правильно ориентироваться в условиях возникновения предаварийных и аварийных режимов работы оборудования, четко выполнять указания производственных инструкций, правил технической эксплуатации установок и оборудования в значительной степени определяются уровнем развития их ПВК.

Поэтому важным направлением совершенствования системы управления промышленной безопасностью является комплексный подход к оценке профессиональных компетенций работников ОПО, предусматривающий кроме традиционной оценки профессиональных знаний, умений и навыков, определение уровня развития профессионально важных качеств.

Степень разработанности темы

Основные теоретические достижения и практические методы обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов, были заложены в трудах российских и зарубежных ученых, в числе которых: Н.Х. Абдрахманов, Р.Н. Бахтизин, Г.Л. Гендель, Е.В. Глебова, А.Г. Гумеров, К.М. Гумеров, М.В. Дулясова, А.Н. Елохин, Р.С. Зайнуллин, Р.Х. Идрисов, А.В. Клейменов, Е.В. Кловач, А.М. Короленок, И.Р. Кузеев, В.В. Лесных, В.Ф. Мартынюк, Б.С. Мاستрюков, В. Маршалл, Н.А. Махутов, В.Н. Пермьяков, А.М. Ревазов, Ф.Ш. Хафизов, М.Х. Хуснияров, Д. Химмельблау, и др.

Однако ни одно из ранее выполненных исследований не рассматривало комплексный подход к системе обязательного обучения персонала, включающий модуль оценки и совершенствования ПВК в рамках СУПБ, как направление обеспечения промышленной безопасности ОПО. В то же время одной из основных задач государственной политики в области промышленной безопасности является совершенствование требований к обучению и проверке знаний руководителей и работников организаций, осуществляющих эксплуатацию и обслуживание опасных производственных объектов.*

Поэтому перспективным направлением развития исследований в области обеспечения промышленной безопасности является совершенствование системы обязательного обучения работников ОПО как элемента СУПБ на основе оценки и тренинга ПВК.

* Основы государственной политики в области промышленной безопасности в Российской Федерации на период до 2025 года и на дальнейшую перспективу (проект)

Соответствие паспорту заявленной специальности

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности ВАК РФ 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность (нефтегазовая отрасль)»: п. 3 - «научное обоснование принципов и способов обеспечения промышленной и пожарной безопасности на предприятиях промышленности, строительства и на транспорте»; п. 6 - «исследование и разработка средств и методов, обеспечивающих снижение пожарной и промышленной опасности технологических процессов, предупреждения пожаров и аварий, тушения пожаров».

Цель и задачи работы

Цель работы - обеспечение промышленной безопасности объектов магистрального транспорта газа путем совершенствования системы обучения персонала как элемента СУПБ с использованием автоматизированных комплексов оценки и тренинга ПВК работников.

Указанная цель определила постановку и решение следующих **основных задач**.

1 Провести комплексный анализ аварийности опасных производственных объектов магистрального транспорта газа.

2 Разработать методику обоснования профессионально важных качеств, определяющих уровень готовности персонала к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту магистральных газопроводов (МГ) и к действиям в аварийных ситуациях.

3 Разработать методику расчета интегральной оценки готовности работников газотранспортных предприятий к проведению работ по техническому обслуживанию, ремонту МГ и к действиям по локализации аварий.

4 Разработать и внедрить автоматизированные комплексы оценки и совершенствования ПВК, определяющих уровень готовности персонала к проведению работ по техническому обслуживанию, ремонту МГ и к действиям по локализации аварий.

5 Провести исследования возможности повышения эффективности обязательного обучения рабочих, осуществляющих техническое обслуживание и

ремонт МГ, в области промышленной безопасности при использовании в системе обучения разработанных автоматизированных комплексов.

6 Оценить влияние уровня развития профессионально важных качеств рабочих на вероятность возникновения возможных аварий на МГ и оперативного персонала на масштабы последствий аварии при разгерметизации линейной части магистрального газопровода.

Научная новизна

1 Предложена новая методология совершенствования системы управления промышленной безопасностью в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты магистрального транспорта газа, реализующая компетентностный подход к проведению обязательного обучения и проверки знаний рабочих в области промышленной безопасности, а также к проведению противоаварийных тренировок с оперативным персоналом.

2 Разработаны и обоснованы новые критерии оценки значимости каждой группы важности качеств для расчета готовности работников, эксплуатирующих опасные производственные объекты магистрального транспорта газа, к безопасному проведению ремонтных и аварийно-восстановительных работ.

3 Впервые установлены нормативно-оценочные шкалы для расчета готовности работников газотранспортных предприятий к проведению ремонтных и аварийно-восстановительных работ для каждого диагностического теста и определены группы важности самих тестов, результаты которых имеют высокую значимую корреляцию (коэффициент корреляции $r_s > 0,7$ при уровне статистической значимости $p \leq 0,001$) с успешностью проведения указанных работ.

4 Впервые созданы комплексы оценки и совершенствования профессионально важных качеств работников, используемые в системе обязательного обучения в области промышленной безопасности, в которых для анализа полученной диагностической информации применяется оригинальная процедура многомерного шкалирования, позволяющая количественно оценивать готовность к проведению ремонтных и аварийно-восстановительных работ.

5 Впервые получена математическая модель зависимости безвозвратных потерь газа при аварии на магистральном газопроводе от времени, с использованием

которой установлено, что сокращение времени оперативного реагирования персонала с высоким уровнем развития профессионально важных качеств приводит к существенному снижению размеров ущерба.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании положений, позволяющих совершенствовать систему управления промышленной безопасностью в организациях, эксплуатирующих ОПО на основе компетентностного подхода к подготовке работников в области промышленной безопасности.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1 Разработанный автоматизированный комплекс оценки и совершенствования ПВК рабочих, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт МГ, внедрен во всех филиалах ООО «Газпром трансгаз Самара» (акты внедрения прилагаются).

Кроме того, разработанная автоматизированная система успешно прошла апробацию в других газотранспортных организациях ПАО «Газпром» (положительные отзывы прилагаются).

Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент) выдан патент на полезную модель (RU №119155 U1) «Автоматизированная система оценки и тренинга профессионально важных качеств рабочих».

2 Разработанный автоматизированный комплекс оценки ПВК оперативного персонала внедрен и используется при проведении противоаварийных тренировок во всех филиалах ООО «Газпром трансгаз Югорск» (акт внедрения прилагается).

Внедрение разработанных автоматизированных комплексов обеспечивает, с одной стороны, снижение вероятности возникновения аварий за счет повышения эффективности процедуры обязательного обучения и проверки знаний требований промышленной безопасности рабочих, а с другой стороны, сокращение размеров ущерба при реализации аварий за счет повышения готовности оперативного персонала ОПО к действиям по их локализации.

3 Результаты диссертационной работы использовались при разработке рабочей программы дисциплины «Профессиональный отбор персонала опасного производственного объекта» (авторская разработка) для магистрантов направления

подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

Методы исследования

Для обоснования ПВК рабочих и оперативного персонала, необходимых для безопасного проведения ремонтных и аварийно-восстановительных работ, были использованы методы профессиографирования и метод экспертных оценок.

Для разработки методики расчета интегральной оценки, определяющей уровень готовности работников к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ и к действиям по локализации аварий, использовались следующие методы: метод расчета перцентильных рангов, метод корреляционного анализа, а также экспертно-аналитический метод многомерного шкалирования.

Для разработки многофакторной логико-вероятностной модели аварийной разгерметизации газопровода, учитывающей влияние уровня развития профессионально важных качеств персонала на вероятность возникновения аварий, использовались методы математической статистики и анализа риска.

Положения, выносимые на защиту

1 Научно обоснованная методика расчета интегральной оценки готовности работников газотранспортных предприятий к проведению работ по техническому обслуживанию, ремонту МГ и к действиям в аварийных ситуациях.

2 Автоматизированные комплексы оценки и совершенствования ПВК работников, применение которых позволяет реализовать компетентностный подход к системе обязательного обучения персонала в области промышленной безопасности в рамках СУПБ.

3 Полученная на основе анализа статистических данных аварийности объектов магистрального транспорта газа усовершенствованная модель аварийной разгерметизации газопровода, позволяющая оценить влияние уровня развития ПВК рабочих, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт МГ, на вероятность возникновения аварии.

4 Математическая модель зависимости безвозвратных потерь газа при аварии на МГ от времени оперативного реагирования персонала, использование которой

дает возможность установить влияние уровня развития ПВК работников на размер ущерба при реализации аварии.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается достаточным количеством экспериментальных и статистических данных, корректным использованием апробированных научных методов исследований и современного математического аппарата обработки результатов, а также общепризнанных программных комплексов (MathCad, пакет MS Excel «Анализ данных» и STATISTICA). Часть исследований была выполнена по заданию Рособразования в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2010 годы)» - проект № 2.1.2/3323 «Разработка автоматизированной системы оценки и улучшения профессионально важных качеств (ПВК) рабочего персонала опасных производственных объектов».

Результаты работы докладывались и обсуждались на: 7-й Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России» (г. Москва, 2007 г.); первой международной научно-практической конференции «Система управления экологической безопасностью» (г. Екатеринбург, 2007 г.); второй международной научно-практической конференции «Система управления экологической безопасностью» (г. Екатеринбург, 2008 г.); Международных научных чтениях «Белые ночи-2008» (г. Санкт-Петербург, 2008 г.); III-й Международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах» (г. Уфа, 2009 г.); I-й Международной научно-технической конференции «Экологическая безопасность в газовой промышленности (ESGI-2009)» (г. Москва, 2009 г.); VIII-й Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России» (г. Москва, 2010 г.); Международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития» (г. Москва, 2010 г.); Международной научно-технической конференции «Инновационные решения для нефтегазовой отрасли (Опыт и перспективы)» (г. Оренбург, 2012 г.); Юбилейной десятой всероссийской конференции молодых ученых, специалистов и студентов

«Новые технологии в газовой промышленности» (газ, нефть, энергетика) (г. Москва, 2013 г.); III-й Международной конференции и выставке «Экологическая безопасность в газовой промышленности» (г. Москва, 2013 г.); Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии и инновации» (г. Белгород, 2016 г.); III-й Международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (г. Санкт-Петербург, 2016 г.).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 60 печатных работ, в том числе 40 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, патент на полезную модель.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка использованной литературы, включающего 263 наименования и 7 приложений. Работа изложена на 337 страницах машинописного текста, содержит 96 рисунков, 57 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

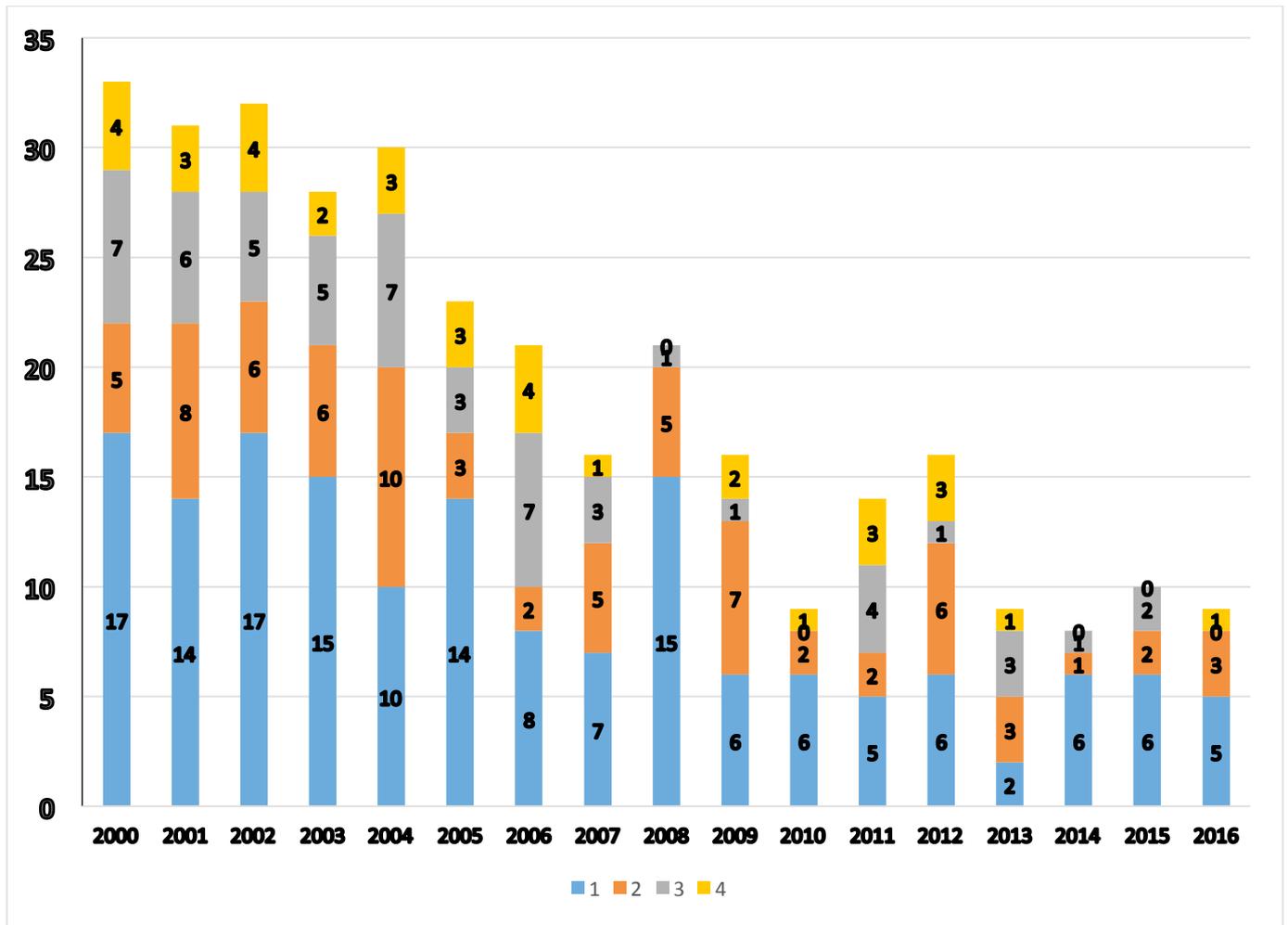
Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, определена цель и сформулированы основные задачи работы, показана научная новизна и практическая значимость проведенных исследований, обозначены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен комплексный анализ аварийности опасных производственных объектов магистрального транспорта газа.

Результаты обработки массива данных по аварийности на объектах магистрального транспорта газа за период с 2000 по 2016 годы представлены в виде диаграммы на рисунке 1.

За исследуемый период произошло 326 аварий. Установлено, что динамика количества аварий имеет волнообразный характер. На фоне общего снижения аварийности (с 33 аварий в 2000 году до 9 аварий в 2016 году) наблюдается

небольшое увеличение количества аварийных разрушений в 2008 году (21 авария) и в 2012 году (16 аварий).



1 – коррозия металла трубы (КРН); 2 – брак строительного-монтажных работ; 3 – механическое воздействие; 4 – прочие, в том числе дефекты труб заводской поставки, ошибочные действия персонала при эксплуатации, неустановленные

Рисунок 1 – Динамика аварийности (с учетом распределения количества аварий по причинам) на магистральных газопроводах за период с 2000 по 2016 гг.

Согласно диаграмме, представленной на рисунке 1, рост аварийности в 2008 году объясняется увеличением числа аварий по причине коррозионных разрушений (15 аварий). Начиная с 2008 года, активизация мероприятий по своевременной диагностике коррозионных дефектов газопроводов и их устранению в процессе текущего или капитального ремонта привела к общему снижению аварийности. Однако, с увеличением объемов строительного-монтажных работ растет количество аварий связанных с применением технологий с низким запасом прочности

монтажных сварных соединений и низкими механическими характеристиками основного металла труб. Так увеличение аварийности в 2012 году связано с увеличением числа аварий по причине брака строительного-монтажных работ (6 аварий).

Однако, количество аварий не может служить однозначным критерием определения состояния промышленной безопасности. Для объективной оценки необходимо дополнительно иметь информацию о величине ежегодного материального ущерба, внеплановых потерях и др.

В результате проведенного анализа показано, что размеры полного ущерба от аварий не коррелируются с их количеством. Так, несмотря на некоторое увеличение числа аварий в 2011, 2012 годах (до 14, 16 аварий в год), размер полного ущерба не превысил 161 500 тыс. руб. в год, в то время как при снижении аварийности в 2015 году до 10 аварий, размер ущерба увеличился в три раза и составил 488 200 тыс. руб.

Своевременность, эффективность и согласованность действий оперативного персонала при реализации аварии может повлиять на сценарий ее развития и сократить масштабы последствий.

Определены доминирующие причины аварийности ОПО магистрального транспорта газа, которыми являются коррозионные разрушения (48,8 %), брак строительного-монтажных работ (23,3 %) и механические повреждения различной природы (17,2 %). 86,8 % от всех аварий за последние 16 лет вследствие коррозии, произошло из-за коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) или так называемой, стресс-коррозии. Установлено, что одним из факторов, влияющих на возникновение стресс-коррозии, являются дефекты строительного-монтажных работ (30,8 %), в том числе дефекты сварного стыка из-за наличия пор, шлаковых включений, несплавлений и непровара в корне шва, вызывающие концентрацию напряжений.

Строительные дефекты (в том числе и дефекты сварки) обусловлены неправильными действиями как руководителей (отсутствие контроля за качеством выполняемых работ), так и рабочих, непосредственно занятых в процессе текущего ремонта. Все указанные нарушения могут быть обусловлены недостаточной

эффективностью функционирования системы управления промышленной безопасностью в организациях, эксплуатирующих ОПО.

Основные функциональные элементы структуры СУПБ с учетом предлагаемого совершенствования представлены на рисунке 2.

Показана роль профессиональных компетенций работников в системе управления промышленной безопасностью. Очевидно, что в системе управления промышленной безопасностью, включающей комплекс взаимосвязанных элементов, совершенствование одного из них приводит к совершенствованию других элементов и, как следствие, влечет за собой совершенствование всей системы управления в целом.

Известно, что значительное количество аварий и несчастных случаев происходит не потому, что работник не знал требований безопасности, а потому, что он пренебрег ими, не смог правильно оценить возникшую ситуацию и ее возможные последствия. Это означает, что его ПВК не в полной мере соответствовали требованиям профессии.

Поэтому для повышения эффективности обязательного обучения в области промышленной безопасности актуальной является задача разработки и внедрения автоматизированных комплексов оценки и совершенствования ПВК, определяющих готовность рабочих к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ, а также готовность оперативного персонала к действиям в аварийных ситуациях.

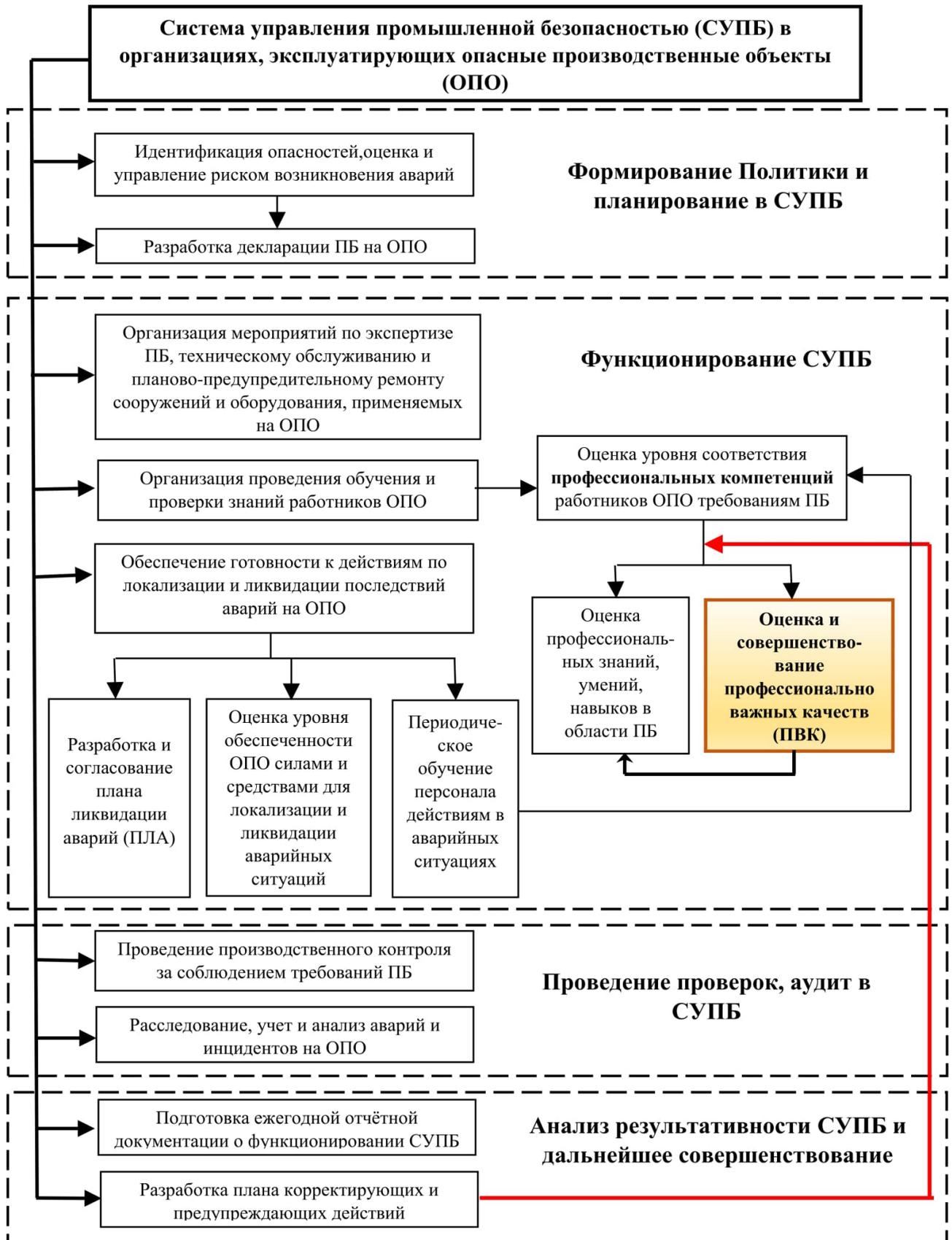


Рисунок 2 - Функциональная структура системы управления промышленной безопасностью

Вторая глава посвящена разработке методики обоснования ПВК работников, эксплуатирующих ОПО магистрального транспорта газа.

Определение профессионально важных качеств осуществлялось для рабочих, непосредственно занятых в процессе ремонта и технического обслуживания МГ (далее по тексту рабочие), а именно, электрогазосварщиков и линейных трубопроводчиков, а также оперативного персонала, осуществляющего функции по организации локализации и контролю ликвидации аварий. В качестве оперативного персонала рассматривались две группы работников: руководители работ (начальники смен – диспетчеры, сменные инженеры, мастера линейно-эксплуатационной службы) и исполнители работ (машинисты технологических компрессоров, линейные обходчики, электромонтеры).

Для обоснования ПВК были составлены описательные характеристики (профессиограммы) каждой из перечисленных выше профессий. Разработана общая структура профессиограммы, которая включает в себя восемь основных разделов. В описательной характеристике профессии отражаются цели, задачи работника, требования к общеобразовательной подготовке, основные производственные функции, объем знаний и умений, необходимый для их успешной реализации, условия труда, а также противопоказания к деятельности. Восьмой раздел описательной характеристики профессии представляет собой перечень ПВК работника, которые определяются с помощью метода экспертной оценки.

В качестве экспертов выступали высококвалифицированные работники из числа непосредственных руководителей рабочих, а также оперативного персонала в количестве от 17 до 35 человек по каждой изучаемой профессии (должности). Эксперту предлагался стандартизованный опросник, включающий перечень качеств, подлежащих оценке.

Для анализа разброса и согласованности мнений экспертов с помощью методов описательной статистики была рассчитана средняя балльная оценка каждого качества по всей группе экспертов, величина средней ошибки (квадратического отклонения) по каждой из групп качеств. После статистической обработки были удалены экспертные оценки, имеющие среднюю ошибку больше допустимой. Далее было проведено ранжирование качеств по их среднему баллу (установлена их

иерархия). Проранжированные ряды профессионально важных качеств были проверены на согласованность с помощью определения коэффициента конкордации Кендалла. Проведенные расчеты показали, что коэффициенты конкордации W принимают значения от 0,841 до 0,880 при уровне значимости $p = 0,05$. Полученные значения позволяют сделать вывод о том, что отобранные эксперты образуют согласованную группу.

Для подтверждения обоснованности выявленных ПВК осуществлялось их сопоставление с профессиональными компетенциями, необходимыми для технического обслуживания и ремонта МГ и для оперативного реагирования. В качестве примера в таблице 1 приведена мотивация выбора ПВК для начальника смены (диспетчера). Обоснования выбора ПВК для всех остальных изучаемых профессий (должностей) приведены в диссертации.

Таблица 1 - Мотивация выбора ПВК для начальника смены (диспетчера)

ПВК	Профессиональные компетенции, для реализации которых необходимы ПВК
Внимание (скорость, устойчивость, концентрация, распределение и переключение)	Оперативный мониторинг режима работы и дистанционное управление технологическими объектами транспорта газа. Контроль выполнения строительно-монтажных и ремонтных работ на трассе газопроводов.
Память (кратковременная)	Выполнение ряда мероприятий, содержащих большие объемы информации, а именно составление графиков и номограмм по определению и ведению режимов работы турбоагрегатов и газопроводов.
Мыслительные (аналитическое мышление, вычислительные способности)	Анализ режимов работы технологических объектов. Идентификация места возникновения аварийной ситуации. Формирование оперативного суточного баланса углеводородного сырья в границах зоны обслуживания организации.
Эмоциональные (эмоциональная стабильность, нервно-психическая устойчивость, поведение в конфликтной ситуации)	Осуществление оперативного руководства и управления работами по локализации мест аварий. Контроль за ходом ликвидации аварий на технологических объектах транспорта газа.
Волевые (темп психических процессов, ответственность)	Немедленное устранение причин и условий, способствующих возникновению аварии или инцидента, несчастного случая. Ответственность за соблюдение персоналом требований по обеспечению надежной и безопасной эксплуатации оборудования, трудовой, технологической и производственной дисциплины.
Коммуникативные (организаторские способности, коммуникабельность)	Осуществление оперативного руководства проведением противоаварийных тренировок. Осуществление оперативного взаимодействия с диспетчерскими службами других организаций по обеспечению бесперебойного снабжения потребителей углеводородным сырьем при возникновении аварии.

В ходе статистической обработки данных опроса экспертов были установлены коэффициенты важности качеств, определяющие степень влияния на итоговую оценку готовности к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ и к действиям по локализации аварий.

В таблице 2 приведены сводные данные по обоснованным ПВК для всех изучаемых категорий персонала, согласно которым структура ПВК в зависимости от категории персонала существенно различается.

Третья глава посвящена разработке методики определения интегральной оценки готовности работников газотранспортных предприятий к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ, а также к действиям по локализации аварий.

После выявления профессионально важных качеств, определяющих готовность рабочих к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ и готовность оперативного персонала к действиям в аварийных ситуациях, были подобраны диагностические методики для их оценки, представленные в таблице 2.

Для расчета локальных тестовых норм по подобранным методикам было проведено экспериментальное тестирование, в котором приняли участие 263 рабочих ООО «Газпром трансгаз Самара» и 585 работников из числа оперативного персонала ООО «Газпром трансгаз Югорск».

На первом этапе обработки полученных экспериментальных данных была проведена оценка соответствия результатов тестирования нормальному распределению. Для этого использовался визуальный метод - построение гистограммы эмпирического распределения, а также метод, основанный на критериях согласия распределений χ^2 .

Таблице 2 – Группы важности профессионально важных качеств рабочих и оперативного персонала и диагностических методик для их оценки

ПВК	Свойства	Группа важности ПВК*			Диагностические методики (тесты)	Группа важности методики (теста)**		
		Профессиональная группа				Профессиональная группа		
		Рабочие, осуществляющие ремонт МГ	Оперативный персонал (исполнители работ)	Оперативный персонал (руководители работ)		Рабочие, осуществляющие ремонт МГ	Оперативный персонал (исполнители работ)	Оперативный персонал (руководители работ)
Внимание	Концентрация	1	1	1	«Корректирующая проба с буквами» (кол-во ошибок)	2	1	1
	Объем, устойчивость	1	1	1	«Корректирующая проба с буквами» (кол-во просмотр. знаков)	2	1	1
	Распределение, переключаемость	1	1	1	«Черно-красная таблица» (ЧКТ)	2	1	1
Память	Кратковременная память	2	1	2	«Установление закономерностей»	-	1	2
					«Шкалы»	2	2	1
					Методика исследования особенностей мышления (МИОМ 9)	2	-	-

Мыслительные	Аналитическое мышление	2	2	2	«Установление закономерностей»	-	1	2
					Методика исследования особенностей мышления (МИОМ 1-6)	2	-	-
	Вычислительные способности	-	2	2	«Числовые ряды»	-	2	2
					«Шкалы»	-	2	1
	Технический интеллект	1	-	-	«Оценка уровня развития технических способностей» («Тест Беннета»)	2	-	-
	Восприятие размеров (глазомер)	2	-	-	Тест «Деление отрезка пополам»	2	-	-
Пространственное мышление	2	-	-	Методика исследования особенностей мышления (МИОМ 7,8)	2	-	-	
Эмоциональные	Эмоциональная стабильность	2	2	1	«Прогноз-2»	2	2	2
					«Шестнадцатифакторный личностный опросник Кэттелла» (16 – ФЛО) шкалы О, С	-	2	2
	Нервно-психическая устойчивость	-	2	1	Методика «Айзенка» Шкала нейротизм	-	1	2
	Поведение в конфликтной ситуации (ПКС)	-	2	1	«Поведение в конфликтной ситуации» (ПКС 1-5)	-	2	2

Волевые	Ответственность	-	-	1	16 – ФЛО шкала G	-	-	1
	Дисциплинированность	-	1	-	16 – ФЛО шкала Q3	-	1	-
Коммуникативные	Организаторские способности	-	-	2	Коммуникативно-организационные способности (КОС) шкала ОС	-	-	1
	Коммуникабельность	-	-	2	КОС шкала КО	-	-	1

* 1 группа важности ПВК – наиболее значимое качество, оказывающее главное влияние на итоговую оценку готовности к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ и к действиям по локализации аварий;

2 группа важности ПВК – основное качество, наиболее часто используемое в диагностических исследованиях, но влияющее на итоговую оценку в меньшей степени.

прочерк - означает, что данное ПВК не является значимым для данной профессии (должности) и оценке не подлежит.

** 1 группа важности методики (теста) – результаты теста имеют высокую значимую корреляцию с успешностью проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ и действий по локализации аварий ($r_s \geq 0,8$ при уровне статистической значимости $p \leq 0,001$)

2 группа важности методики (теста) – результаты теста имеют значимую корреляцию с успешностью проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ и действий по локализации аварий ($r_s \geq 0,7$ при уровне статистической значимости $p \leq 0,001$)

прочерк - означает, что данная методика не используется для оценки ПВК данной профессии (должности).

Анализ распределения результатов тестирования 263 рабочих по отдельным тестам (МИОМ 1, 5) представлен на рисунке 3. Остальные построенные гистограммы приведены в диссертации.

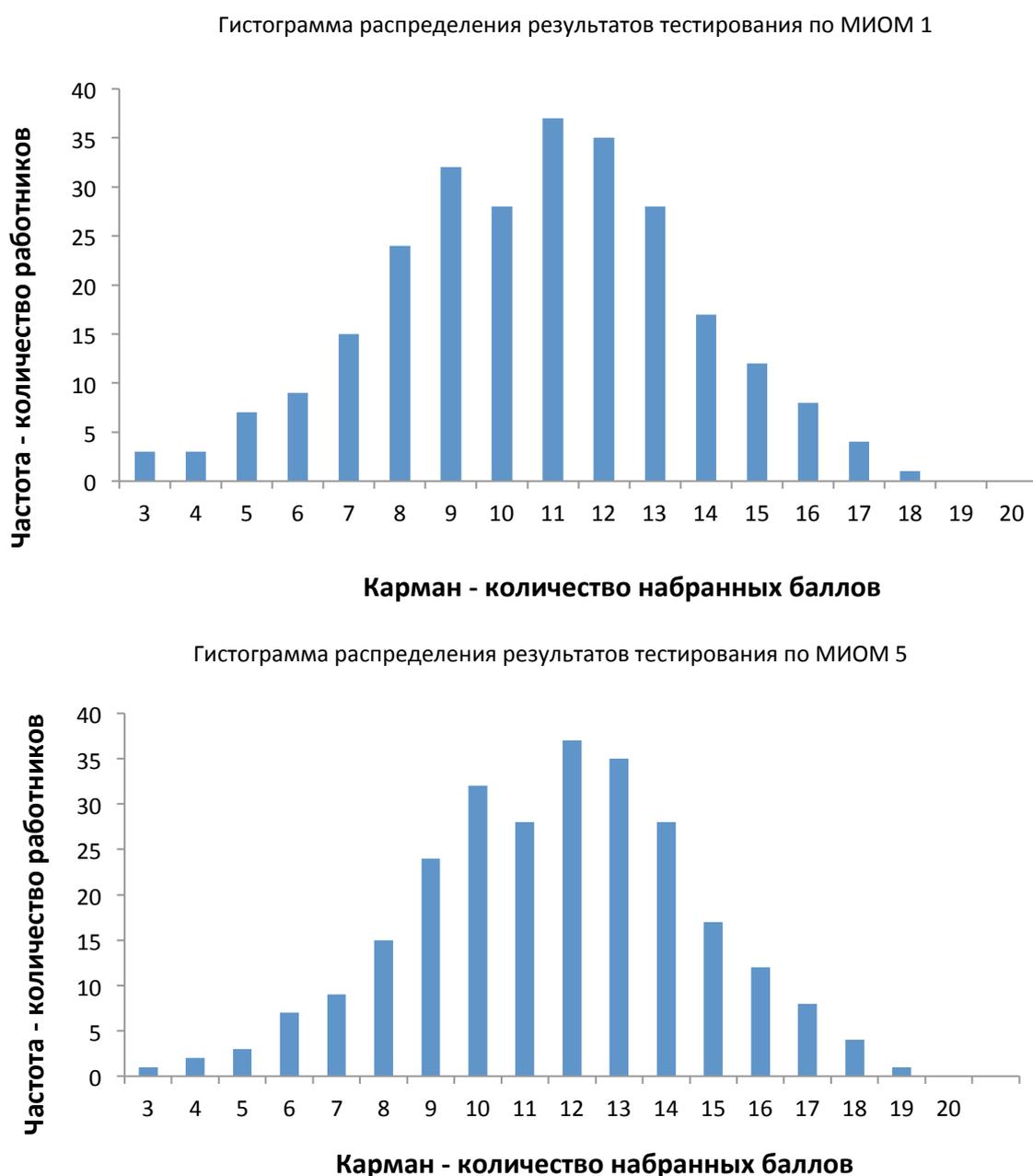


Рисунок 3 – Анализ распределения результатов тестирования 263 рабочих по отдельным тестам

Согласно рисунку 3 все полученные распределения близки к нормальным, что было подтверждено проверкой критерия χ^2 . Как известно, чем ближе распределение результатов теста к нормальному распределению, тем выше способность теста ранжировать обследуемых по уровню развития соответствующих качеств. Следовательно, правильность выбора данных методик для оценки ПВК рабочих и оперативного персонала подтверждается проведенными статистическими расчетами.

В ходе обработки результатов тестирования оперативного персонала были получены данные, свидетельствующие о том, что результаты обследования различных групп работников (руководители работ – 204 человека и исполнители работ – 382 человека) отличаются между собой. Было проведено ранжирование среднегрупповых показателей, затем определялась достоверность различий между полярными рангами групп с помощью t-критерия. Это было сделано для того, чтобы доказать, что та или иная методика дифференцирует уровни развития ПВК в группах, может служить инструментом для определения ПВК и была подобрана правильно. Таким образом, в состав диагностического комплекса оценки ПВК рабочих вошло 15 методик, а в состав диагностического комплекса для оценки ПВК оперативного персонала – 10.

Для определения значимости методик, используемых в диагностическом комплексе оценки ПВК рабочих, был проведен корреляционный анализ между результатами тестирования рабочих и показателями их успешности при проведении ремонтных работ. Значимость методик, входящих в диагностический комплекс оценки ПВК оперативного персонала, определялась на основе корреляционного анализа между результатами тестирования и оценкой действий работников во время проведения противоаварийных тренировок. Для установления корреляционных связей рассчитывался коэффициент Спирмена (r_s). Полученные значения коэффициента корреляции Спирмена (r_s) для каждой методики составляют от 0,721 до 0,906 при $p \leq 0,001$, что позволяет определить ее значимость для оценки ПВК (таблица 2).

Для расчета итоговой интегральной оценки, определяющей уровень готовности работников к проведению ремонтных работ и к действиям в аварийных ситуациях, необходимо, чтобы результаты тестирования по отдельным методикам были сопоставимы друг с другом. Для этого была выполнена процедура стандартизации полученных данных. Нормативно-оценочные шкалы для каждой диагностической методики были построены на основе расчета перцентильных рангов по выборке протестированных работников. При этом была определена триада «реперных точек», делящая весь массив протестированного персонала на четыре категории, условно обозначаемые баллами 2, 3, 4, 5. При расчете «реперных точек» использовали перцентили 10, 35, 75.

В таблице 3 представлен сравнительный анализ построенных нормативно-оценочных шкал для тех методик, которые входят и в состав диагностического

комплекса для оценки ПВК оперативного персонала, и в состав комплекса для оценки ПВК рабочих. Как видно из представленной таблицы локальные тестовые нормы, в зависимости от категории персонала различаются. Однако недостаточно знать, какую оценку получил работник за каждый отдельный тест, необходимо интегрировать полученные результаты в общую оценку. Расчет интегральной оценки рабочих и оперативного персонала осуществлялся по иерархической схеме на основе экспертно-аналитического метода многомерного шкалирования. Разработанный алгоритм расчета представлен на рисунке 4.

Для расчета интегральной оценки уровня развития ПВК стандартизованные оценки за каждый тест, полученные на основе разработанных нормативно-оценочных шкал (таблица 3), переводятся в значение нормированной функции желательности $F(K)$ с учетом группы важности диагностической методики и группы важности качества. Полученные значения по универсальной номограмме нормированной функции желательности $F(k)$, которая имеет вид S-образной кривой и отображает близость конкретного объекта к эталону по комплексу входящих в него частных показателей, преобразуются в интегральную оценку по 4-х балльной шкале.

Рассчитанная согласно данному алгоритму интегральная оценка отражает общий уровень развития ПВК и означает следующее:

- "2" – низкий уровень развития ПВК (прогноз успешности при проведении работ неблагоприятный);
- "3" – средний уровень развития ПВК (прогноз успешности при проведении работ неоднозначный);
- "4" – достаточно высокий уровень развития ПВК (прогноз успешности при проведении работ благоприятный);
- "5" – высокий уровень развития ПВК (прогноз успешности при проведении работ наиболее благоприятный).

На основании разработанного алгоритма установлено, что 70-89% работников характеризуются достаточно высоким и высоким уровнем развития ПВК, а 11 – 30 % работников имеют низкий и средний уровень развития ПВК, следовательно, прогноз успешности проведения ими работ неблагоприятный или неопределенный (таблица 4).

Таблица 3 – Сравнительный анализ построенных нормативно-оценочных шкал для разных категорий персонала

Оценочная методика	Стандартизованная оценка											
	2			3			4			5		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Корректирующая проба (количество просмотренных знаков)	≤719	≤827	≤768	720-895	828-1190	769-1098	896-1143	1191-1553	1099-1429	≥1144	≥1554	≥1430
Корректирующая проба (количество допущенных ошибок)	≥14	≥4	≥5	10-13	3	4	8-9	2	3	≤7	≤2	≤1
Шкалы	≤2	<1	≤1	3-4	1-3	2-5	5-6	4-7	6-8	≥7	≥8	≥9
Черно-красная таблица	≤7	<1	<1	8-10	1-7	1-10	11-14	8-16	11-20	≥15	≥17	≥21
Прогноз-2	≥47	≥23	≥18	46-35	22-18	17-15	36-24	17-11	14-12	≤23	≤10	≤11
<p><i>Примечание:</i> I - оценка для рабочих, принимающих участие в проведении ремонтных работ; II - оценка для оперативного персонала (руководителей работ); III - оценка для оперативного персонала (исполнителей работ)</p>												

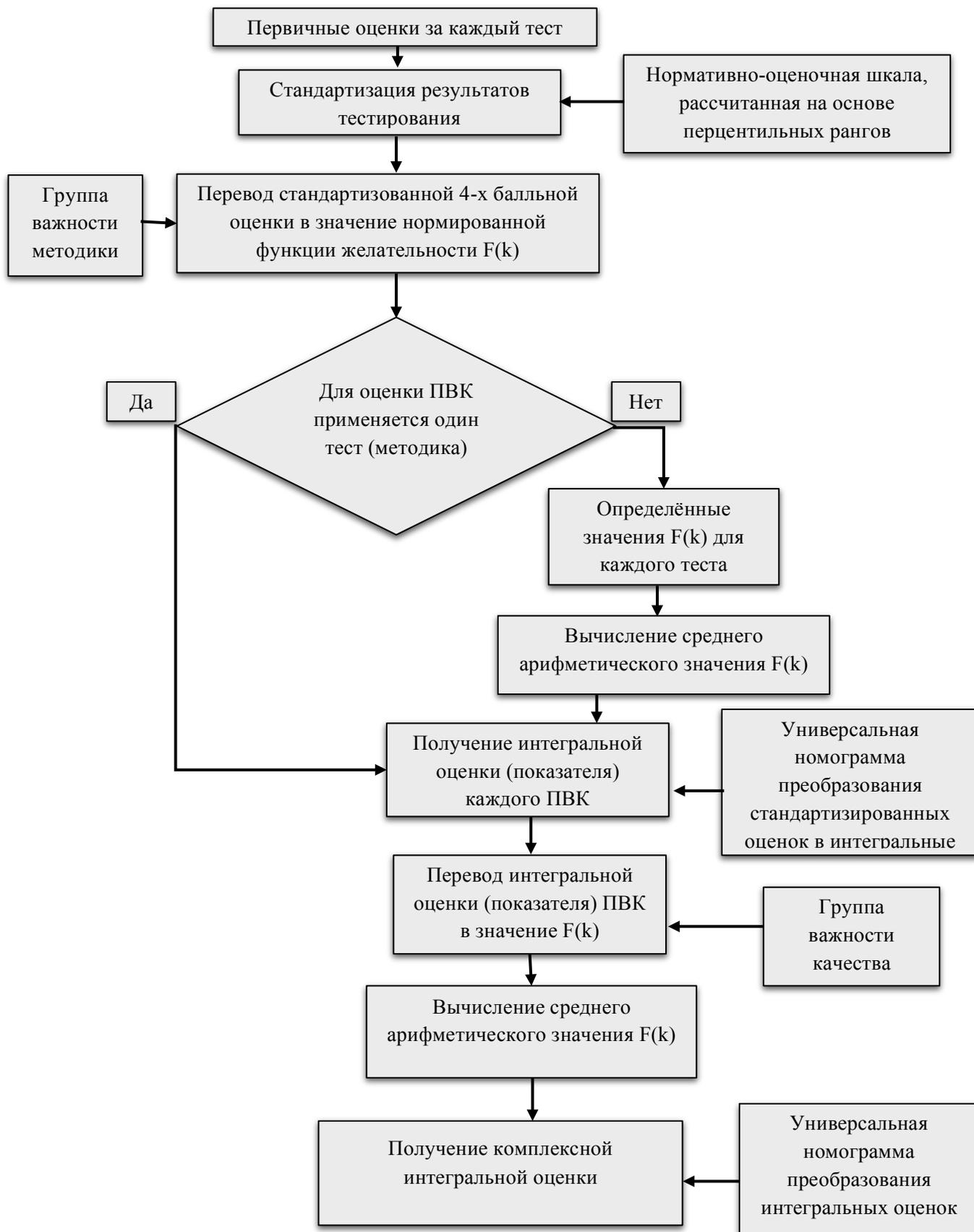


Рисунок 4 – Алгоритм расчета интегральной оценки готовности работников к проведению работ по техническому обслуживанию, ремонту МГ и к действиям по локализации аварий

Таблица 4 – Результаты расчета оценки готовности рабочих к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ и оценки готовности оперативного персонала к действиям по локализации аварий

Профессия (должность)	Интегральная оценка			
	«2»	«3»	«4»	«5»
Рабочие, осуществляющие ремонт МГ - 263 человека	10 %	20 %	29 %	41 %
Руководители работ (начальник смены - диспетчер, мастер ЛЭС, сменный инженер) – 204 человека	5 %	6 %	34 %	55 %
Исполнители работ (машинист ТК, линейный обходчик, электромонтер) – 382 человека	7 %	17 %	45 %	31 %

Четвертая глава посвящена совершенствованию системы обязательного обучения в области промышленной безопасности на основе внедрения разработанных автоматизированных комплексов оценки и тренинга ПВК рабочих и оперативного персонала.

Экспериментальной базой для разработки автоматизированного комплекса оценки и совершенствования ПВК рабочих, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт МГ, выступило ООО «Газпром трансгаз Самара».

Разработанная автоматизированная система представляет собой последовательно соединенные следующие основные модули (рисунок 5): модуль блоков тестирования (1), модуль блоков анализа и обработки результатов тестирования (2), модуль совершенствования ПВК (3).

В состав специального программного обеспечения модуля блоков тестирования (1) входит блок из 15-ти автоматизированных диагностических методик (6), максимально адаптированных к решению практических задач по оценке ПВК рабочих. Основной задачей модуля блоков анализа и обработки (2) является математическая обработка результатов тестирования. Задачей базы данных (8) этого модуля является хранение информации о проведенных обследованиях, сортировка результатов тестирования и анализа по различным параметрам.

Блок итоговой обработки результатов (9) осуществляет автоматизированную расшифровку результатов обследования по всем тестам, основанную на

математических правилах и критериях, заложенных в базе критериев оценки готовности к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ (10).

Главной задачей модуля совершенствования ПВК (3) является автоматизированный тренинг ПВК работников, основанный на принципах единого интеллекта.

Блок тренинговых упражнений (13) модуля (3) состоит из 20 занятий. Количество упражнений, содержащихся в каждом занятии, устанавливается исходя из требования обязательной тренировки всех профессионально важных качеств.

Задачей блока промежуточного контроля выполнения тренинговых занятий (14) является перевод обучающегося на более высокий уровень тренинга в случае успешного выполнения контрольных заданий или повторение ранее выполненных заданий до достижения требуемого уровня знаний.

Блок анализа результатов тренинга (15) включает в себя математические правила и критерии, позволяющие обработать ответы и переводить участников на новый уровень интеллектуального тренинга. Задачей базы данных тренинга (16) является хранение, обработка и представление результатов тренинга в виде таблиц и графиков.

Основными преимуществами разработанного автоматизированного комплекса являются его системный характер как на уровне программного продукта, так и на содержательном уровне, использование авторского алгоритма расчета интегральной оценки готовности к проведению работ на основе анализа диагностической информации.

Наличие в системе блока совершенствования ПВК позволяет развивать необходимые качества рабочих в процессе их производственной деятельности, что обеспечивает снижение количества аварий и инцидентов, связанных с опасными (ошибочными) действиями работников.

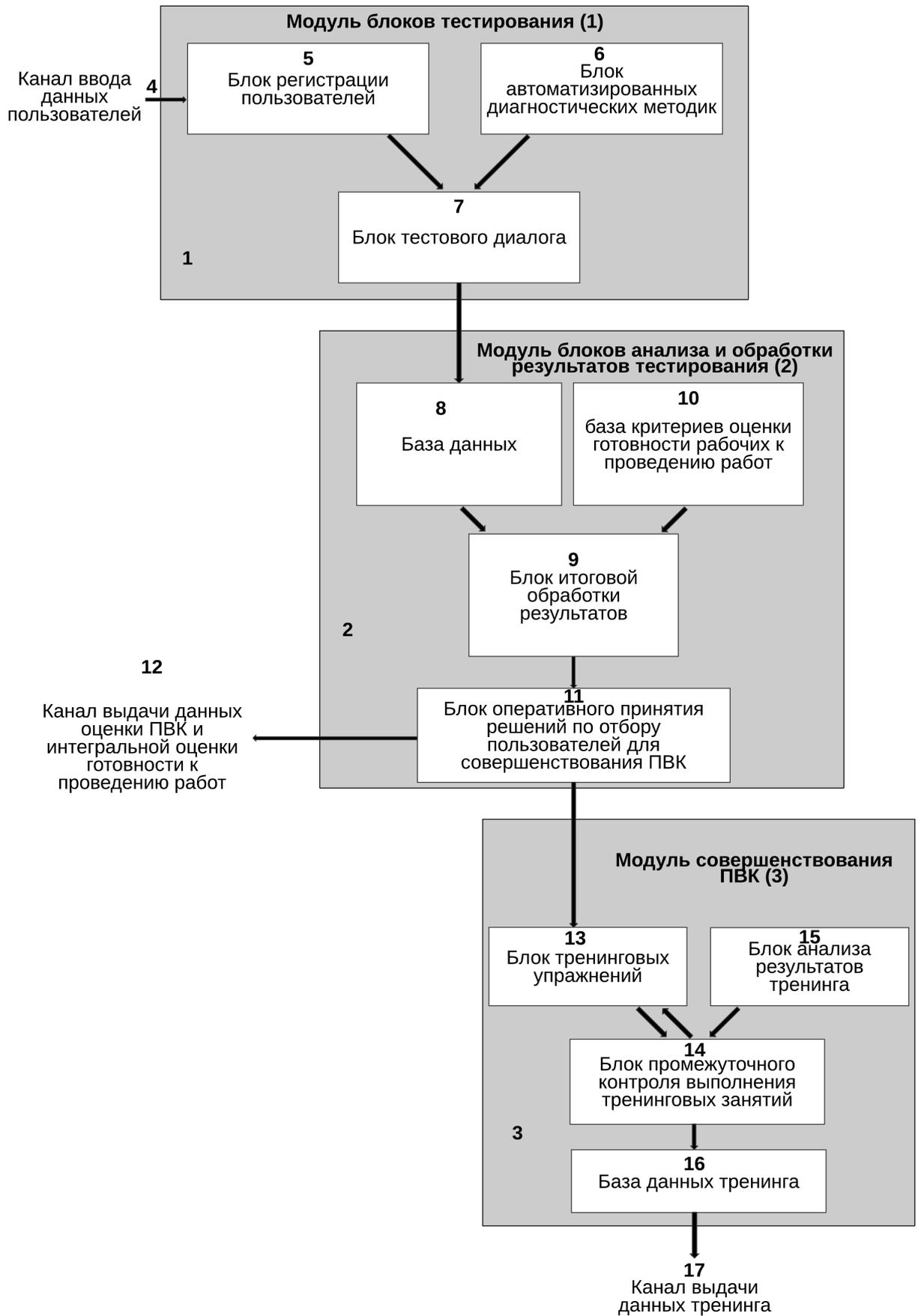


Рисунок 5 – Схема осуществления автоматизированной оценки и совершенствования ПВК рабочих

В рамках авторского надзора за внедрением разработанного автоматизированного комплекса было проведено исследование возможности повышения эффективности обучения в области промышленной безопасности рабочих ООО «Газпром трансгаз Самара».

Для этого на базе семи ЛПУМГ были организованы две группы рабочих – экспериментальная и контрольная. Экспериментальная группа состояла из 70 рабочих. В данной группе помимо традиционного обучения по промышленной безопасности проводился тренинг профессионально важных качеств рабочих с использованием разработанной автоматизированной системы. В контрольной группе, состоящей также из 70 человек, обучение и проверка знаний проводилась без использования автоматизированного тренинга.

Прежде всего следовало доказать, что исходный уровень знаний требований безопасности в контрольной и экспериментальной группах одинаков. Для этого был проведен входной контроль знаний требований безопасности.

При проверке знаний по каждой производственной инструкции экзаменуемому необходимо было ответить на 10 вопросов. Каждый правильный ответ равноценен одному баллу. Допускается всего 2 ошибки.

Была выдвинута нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий количества правильных ответов при входной оценке знаний работников контрольной и экспериментальной групп (1):

$$H_0: \mu_x = \mu_y \quad (1)$$

Альтернативная гипотеза заключается в том, что математические ожидания количества правильных ответов при проверке знаний работников контрольной и экспериментальной групп не совпадают (2):

$$H_1: \mu_x \neq \mu_y \quad (2)$$

Для сравнения математических ожиданий был использован двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями, который показал, что нулевая гипотеза принимается, следовательно, работники контрольной и экспериментальной группы обладают одинаковым уровнем знаний требований безопасности и могут

участвовать в дальнейшей оценке эффективности проведения обучения в области промышленной безопасности с использованием тренинга ПВК.

Результаты проведенного двухвыборочного t-теста после обучения, проведенного в контрольной и экспериментальной группах, представленные в таблице 5, доказывают, что уровень знаний требований безопасности работников контрольной группы статистически значимо ниже уровня знаний требований безопасности работников экспериментальной группы.

Сравнительный анализ результатов проверки знаний в области безопасности (по отдельным инструкциям) в контрольной и экспериментальной группах после проведенного обучения представлен в виде графиков на рисунке 6. Сравнительный анализ результатов проверки знаний по всем инструкциям приведен в диссертации.

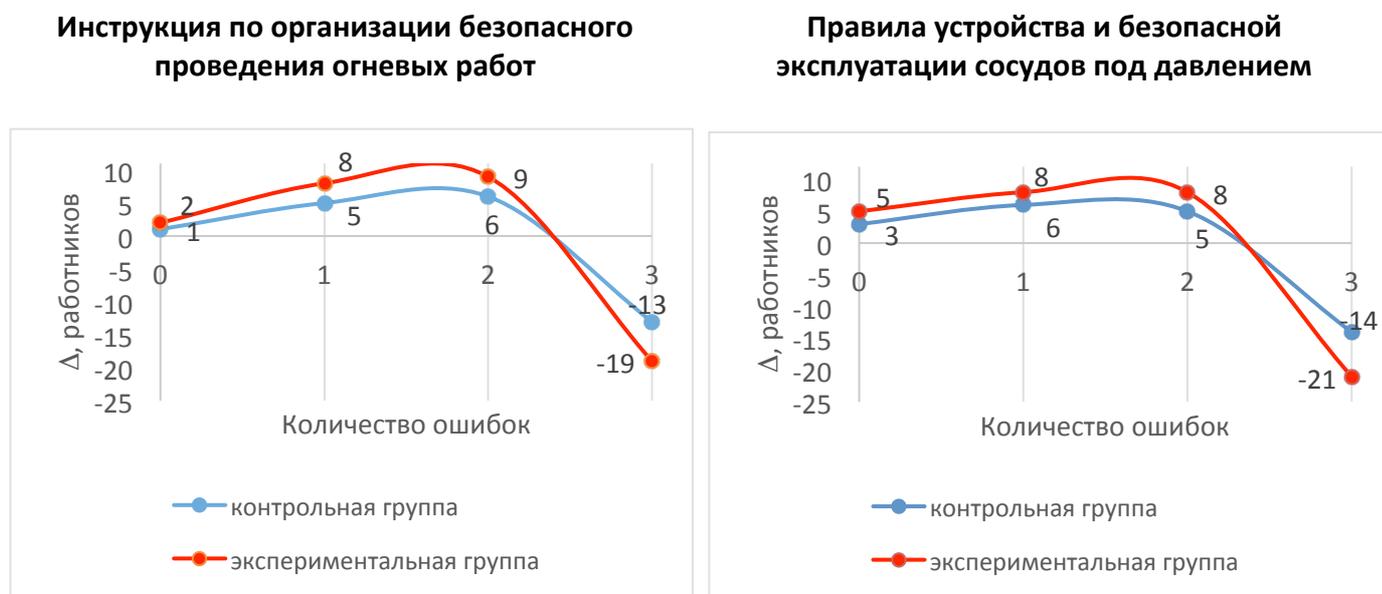


Рисунок 6 – Приращение количества рабочих (Δ) в контрольной и экспериментальной группах, допустивших соответствующее количество ошибок при проверке знаний по отдельным инструкциям, после обучения

Согласно представленным графикам, при проведении обучения в области промышленной безопасности с использованием автоматизированной системы оценки и совершенствования ПВК, количество рабочих, которые успешно прошли проверку знаний (допустили 2 ошибки и менее) и были допущены к самостоятельной работе, существенно увеличивается (на 15 - 21 рабочих в зависимости от вида инструкции). В контрольной группе эффективность обучения, определяемая приращением количества рабочих успешно прошедших проверку знаний, составляет от 11 до 14 рабочих в зависимости от вида инструкции.

Полученные в ходе исследования данные доказывают, что применение разработанной автоматизированной системы оценки и совершенствования ПВК рабочих, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт МГ, позволяет повысить эффективность обязательного обучения в области промышленной безопасности.

Разработка автоматизированного комплекса оценки ПВК оперативного персонала стала заключительным этапом исследования по совершенствованию процедуры проведения противоаварийных тренировок с работниками ООО «Газпром трансгаз Югорск».

Структура разработанного автоматизированного комплекса включает следующие блоки:

- комплект из 10-ти диагностических тестов, позволяющих оценивать основные профессионально важные качества, определяющие успешность работников при оперативном реагировании на возможные аварийные ситуации;
- базы знаний, включающие в себя решающие правила и критерии, позволяющие количественно оценить уровень готовности работников к оперативному реагированию. Указанные критерии для оценки руководителей и исполнителей работ отличаются;
- базы данных, обеспечивающие хранение, обработку и представление результатов обследования в виде таблиц и графиков.

- блок анализа данных тестирования, реализующего автоматизированную обработку результатов обследования и позволяющего получать интегральные оценки ПВК, интегральную оценку готовности к действиям по локализации аварий.

Для повышения эффективности учебно-тренировочных занятий, предусмотренных в рамках обеспечения постоянной готовности организации к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий, был предложен алгоритм применения разработанного автоматизированного комплекса оценки ПВК, определяющих уровень готовности оперативного персонала к проведению противоаварийных работ.

Результаты тестирования работников, полученные с использованием автоматизированного комплекса, необходимо учитывать при планировании дальнейшего обучения и развития компетенций.

Алгоритм применения разработанных автоматизированных комплексов для совершенствования системы постоянного обучения и подготовки работников в области промышленной безопасности представлен на рисунке 7.

Пятая глава посвящена оценке влияния уровня развития ПВК рабочих и оперативного персонала на вероятность возникновения и масштаб последствий возможных аварий.

Используя результаты статистического анализа аварийности магистральных газопроводов за последние 16 лет, полученные в первой главе настоящей работы, было построена многофакторная логико-вероятностная модель аварийной разгерметизации газопровода («дерево отказов») (рисунок 8). Данная модель не может охватить все возможные комбинации случайных событий, отказов оборудования, действий персонала и т.д., приводящих к разгерметизации газопровода, однако четко демонстрирует основные классы причин, непосредственно приводящие к аварии.

Основываясь на опыте классификации причин аварий на российских газопроводах органами Ростехнадзора, число таких классов в настоящей работе было принято равным пяти: 1 – коррозия разного вида; 2 – брак строительно-монтажных работ (в том числе дефект сварки); 3 – обобщенная группа механических повреждений

(в том числе, вызванных природными явлениями); 4 – заводские дефекты труб; 5 – прочие и неизвестные причины.

Зная количество аварий по каждому классу причин и общую протяженность газопроводов за период 2000 – 2016 гг., были рассчитаны среднестатистические (базовые) частоты аварийной разгерметизации газопровода за указанный период. Причем расчет проводился для двух статистически различимых групп – рабочие с низким уровнем готовности к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ (оценки 2, 3) и рабочие с высоким уровнем готовности к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ (оценки 4, 5). Рассчитанные базовые частоты представляют собой величины, статистически усредненные по всем газопроводам, учитываемым статистикой Ростехнадзора, т.е. соответствующие некоторому «среднестатистическому» газопроводу.

На основе анализа статистических данных получено, что частота аварийной разгерметизации газопровода при проведении работ рабочими с низким уровнем готовности к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ равна $1,3 \cdot 10^{-4}$ аварий/км, а при проведении работ рабочими с высоким уровнем готовности к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ – $1,1 \cdot 10^{-4}$ аварий/км. При этом необходимо отметить, что в соответствии с построенным «деревом отказов» (рисунок 8) одной из причин, провоцирующих зарождения трещин КРН, являются дефекты сварного стыка.

Однако из-за недостаточности статистических данных в расчете не представляется возможным учесть влияние уровня развития ПВК рабочих на частоту аварийной разгерметизации газопровода по причине КРН (относительная доля аварий, вызванных данной причиной составляет 42,4 %).

Таким образом, среднестатистическая (базовая) частота аварийной разгерметизации магистрального газопровода уменьшается на 15 % (без учета влияния на возникновение КРН) в случае проведения ремонтных работ рабочими, имеющими оценки 4 и 5.

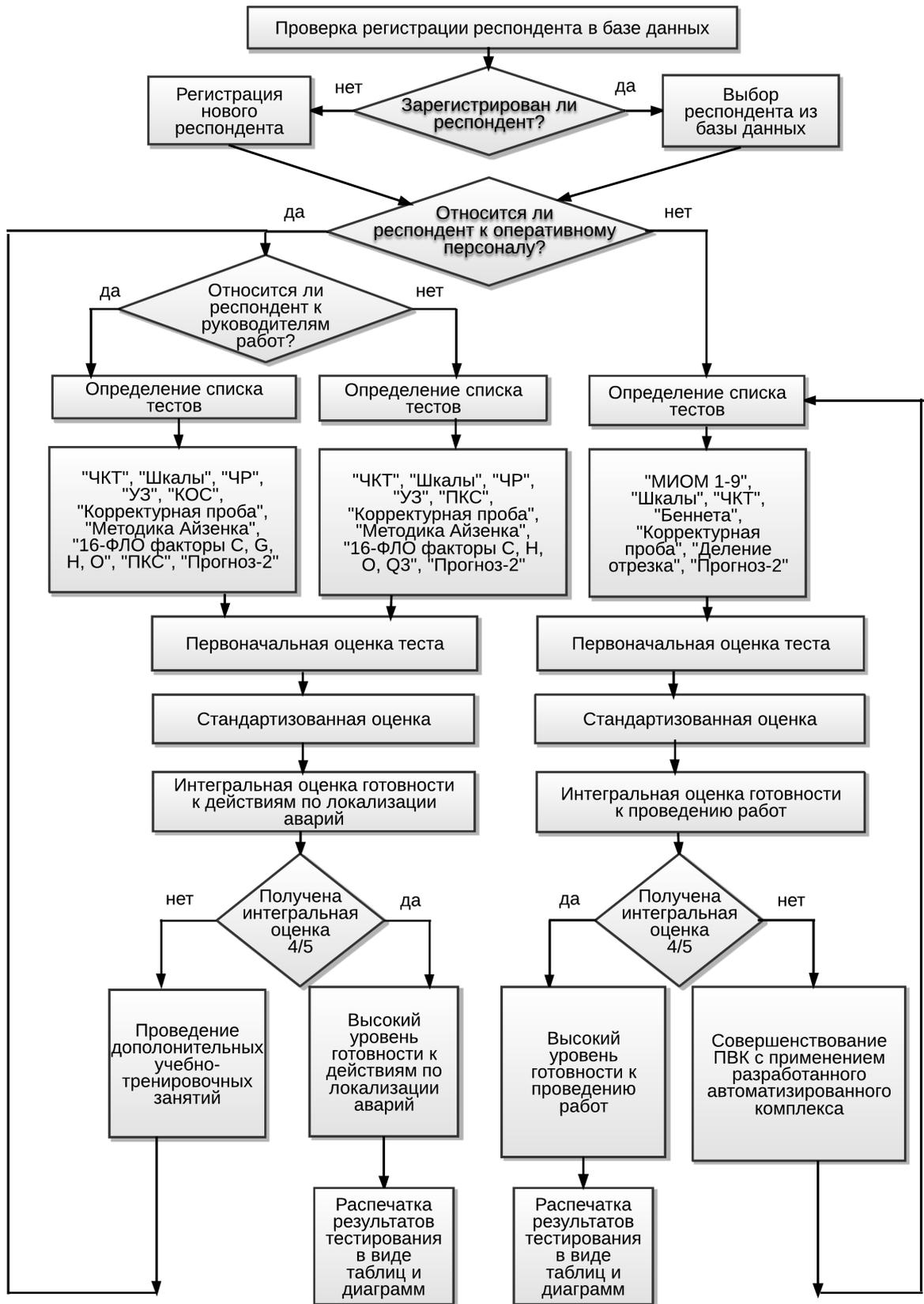


Рисунок 7 – Блок-схема использования автоматизированных комплексов в рамках совершенствования системы постоянного обучения и подготовки работников в области ПБ

Для установления зависимости масштабов последствий аварии от уровня развития ПВК оперативного персонала была проведена оценка объемов выбросов газа при разгерметизации линейной части магистрального газопровода.

Объектом оценки был выбран участок магистрального газопровода между компрессорными станциями (КС) Таежная и Новокомсомольская ООО «Газпром трансгаз Югорск». При этом рассматривался транспорт газа с закрытыми перемычками (автономно по одной нитке) между цехами.

Расчет интенсивности истечения и количества выбрасываемого газа при разрушении газопровода позволил вывести линейную зависимость потерь массы газа от времени до перекрытия задвижки для одноструйного газопровода диаметром 1420 мм при гильотинном разрыве, график которой представлен на рисунке 9.

Данная зависимость (красная пунктирная линия) позволят найти потерянную массу газа при различном времени оперативного реагирования (идентификации аварии и принятия решения об отключении КС) диспетчера.

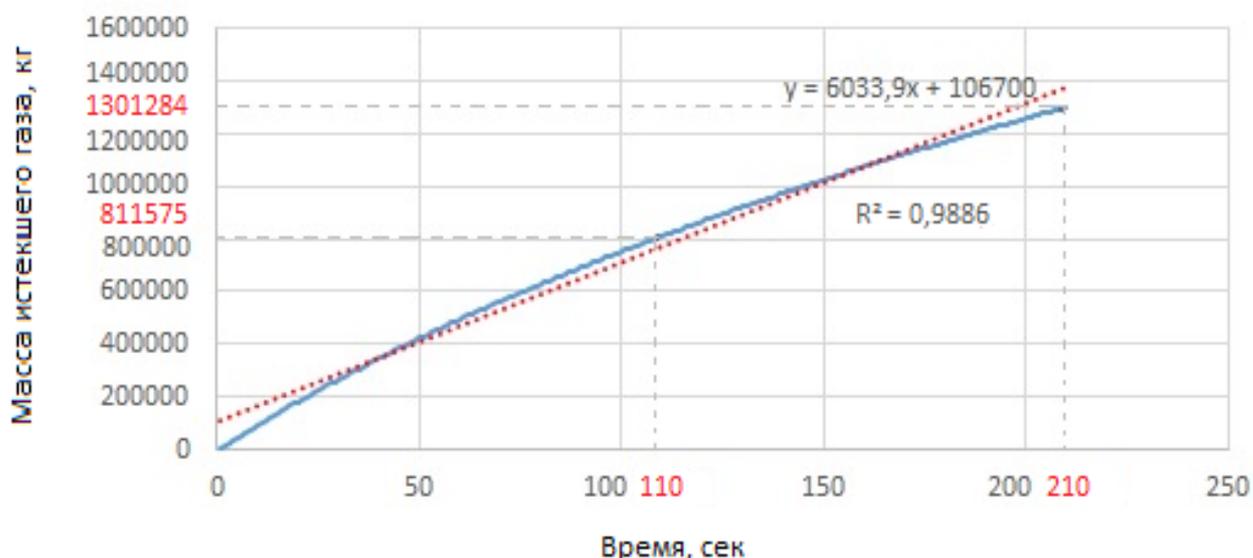


Рисунок 9 – Зависимость потерь массы газа при реализации аварии на магистральном газопровode (гильотинном разрыве) от времени

$$m = 6033,9 \cdot t + 106700 \quad (3)$$

где m – масса безвозвратных потерь газа, кг;

t – время с момента аварийной разгерметизации до перекрытия задвижки, с.

Определить степень приближения найденной линейной зависимости к графику истечения газа можно при помощи величины достоверности аппроксимации, которая должна быть равна или близка к единице. На рисунке 9 выведено значение аппроксимации R^2 , которое равно 0,9886. Полученное значение близко к единице, что свидетельствует о хорошем совпадении расчетной линии с полученным графиком истечения газа.

Экспериментальным путем (в ходе проведения учебно-тренировочных занятий) было установлено, что начальник смены - диспетчер из числа оперативного персонала, имеющий высокий уровень развития ПВК в случае аварийной ситуации приступает к действиям по оперативному реагированию (идентифицирует аварию и принимает решение об отключении КС) в среднем за 20 секунд. Время оперативного реагирования персонала с низким уровнем развития ПВК достигает 120 секунд. Согласно полученной зависимости безвозвратные потери транспортируемого продукта за 100 секунд составляют 489,709 тонн.

Полученная масса позволила определить увеличение ущерба, связанного с безвозвратными потерями транспортируемого продукта при реагировании диспетчера с низким уровнем развития ПВК, которое с учетом внутренней расчетной (оптовой) цены транспортируемого продукта для организаций ПАО «Газпром» будет составлять 2,25 млн рублей.

Увеличение потери массы транспортируемого газа в случае реализации аварии при реагировании диспетчера с низким уровнем развития ПВК может привести к увеличению экологических компенсационных выплат за ущерб, связанный с загрязнением атмосферного воздуха, рассчитываемый как плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ. При этом размер указанных компенсационных выплат будет зависеть от сценария развития аварии (выброс газа в атмосферу без возгорания, полное сгорание газа, неполное сгорание газа).

Кроме того, в сумму экологического ущерба с 2020 года возможно включение платы за выбросы парниковых газов, которые рассчитываются с учетом потенциала глобального потепления и выражаются в CO_2 -эквиваленте.

При объемной доле метана 98,5 % увеличение массы выброшенного газа 489,709 тонн будет соответствовать увеличению эмиссии парниковых газов, равному 10129,63 т CO_2 -экв.

Увеличение суммы ущерба при реагировании диспетчера с низким уровнем развития ПВК при развитии аварии по различным сценариям представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Увеличение ущерба при реагировании диспетчера с низким уровнем развития ПВК при различных сценариях реализации аварии на МГ

Показатель	Выброс газа в атмосферу без возгорания	Полное сгорание газа	Неполное сгорание газа
Увеличение ущерба, связанного с безвозвратными потерями транспортируемого продукта при реагировании диспетчера с низким уровнем развития ПВК, млн руб.	2,25	2,25	2,25
Увеличение экологических компенсационных выплат, связанных с ущербом загрязнения атмосферного воздуха при реагировании диспетчера с низким уровнем развития ПВК, млн руб.	2,6	0,1	0,06
Увеличение ущерба, связанное с возможным введением платы за выбросы парниковых газов, млн руб.	18,2	2,3	0,36
Общее увеличение ущерба при реагировании диспетчера с низким уровнем развития ПВК для каждого сценария, млн руб.	23,13	4,69	2,67

Таким образом, повышение уровня развития ПВК оперативного персонала приведет к сокращению ущерба при реализации аварии (гильотинном разрыве МГ) на 23,13 млн руб. при выбросе газа в атмосферу без возгорания на 4,69 млн руб. при полном сгорании газа и на 2,67 млн руб. при неполном сгорании.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1 На основании результатов выполненных теоретических и экспериментальных исследований научно обоснован и реализован новый подход к обеспечению промышленной безопасности на предприятиях магистрального транспорта газа, заключающийся в совершенствовании системы управления промышленной безопасностью путем использования при проведении обязательного периодического обучения и подготовки работников в области

промышленной безопасности разработанных автоматизированных комплексов оценки и тренинга ПВК.

2 Проведенный анализ статистических показателей аварийности магистральных газопроводов за последние 16 лет позволил определить доминирующие причины аварий, которыми являются коррозионные разрушения (48,8 %), брак строительно-монтажных работ (23,3 %) и механические повреждения различной природы (17,2 %). Установлено, что одним из факторов, влияющим на возникновение стресс-коррозии, являются дефекты строительно-монтажных работ (30,8 %), в том числе дефекты сварного стыка. Полученные данные были использованы при построении «дерева отказов» для аварийной разгерметизации газопровода.

3 На основе разработанной методики с использованием вероятностно-статистических методов обработки данных экспертного опроса были обоснованы ПВК работников, необходимые как для безопасного технического обслуживания газопроводов и оборудования, так и для безопасного проведения ремонтных работ, в том числе аварийно-восстановительных.

4 На основе результатов проведенного экспериментального тестирования 848 работников, эксплуатирующих ОПО магистрального транспорта газа, с помощью корреляционного анализа и экспертно-аналитического метода многомерного шкалирования разработана методика расчета интегральной оценки, определяющей уровень готовности работников к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ, а также к действиям по локализации аварий.

5 Созданы и внедрены автоматизированные комплексы, позволяющие с помощью разработанного алгоритма и математически рассчитанных критериев не только оценивать, но и повышать уровень готовности работников к проведению работ по техническому обслуживанию и ремонту МГ, а также к действиям в аварийных ситуациях.

6 На основе выполненных статистических расчетов доказана возможность повышения эффективности обязательного обучения рабочих в области промышленной безопасности при использовании в существующей системе подготовки разработанных автоматизированных комплексов.

7 Проведена качественная и приближенная количественная оценка влияния уровня развития ПВК рабочих и оперативного персонала на вероятность возникновения и масштаб последствий возможных аварий. Расчетами установлено, что повышение уровня готовности работников к проведению ремонтных работ и к действиям по локализации аварий приводит к снижению базовой частоты аварийной разгерметизации МГ на 15 %, сокращению ущерба при реализации аварии (гильотинном разрыве МГ) на 23,13 млн руб. при выбросе газа в атмосферу без возгорания (с учетом введения платы за эмиссию парниковых газов).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, выпускаемых в РФ, в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки России:

1 А.Т. Волохина, В.В. Карпова, В.Ф. Мартынюк, Б.Е. Прусенко, В.В. Суворова, А.А. Феоктистов. Анализ аварийности и травматизма на объектах систем газораспределения. // Безопасность труда в промышленности. – 2006. – № 6. – С.18-23.

2 Смирнова В.В., Мартынюк В.Ф., Прусенко Б.Е., Лопатина Т.Г., Волохина А.Т., Карпова В.В. Анализ причин аварийности, мероприятий по предупреждению опасностей и ликвидации последствий аварий на объектах нефтегазодобычи, на нефтепродуктопроводах. // Безопасность жизнедеятельности. – 2007. – № 7. – С. 33-39.

3 Волохина А.Т., Иванова М.В., Заяц Б.С. Выявление профессионально важных качеств рабочего персонала ООО «Самаратрансгаз» на основе экспертной оценки. // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 1. – С. 48-52.

4 Иванова М.В., Волохина А.Т., Жданько И.М. Использование экспертно-аналитического метода многомерного шкалирования для расчета интегрального показателя профессиональной пригодности операторов опасных производственных объектов // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 2. – С. 53-57.

5 Волохина А.Т., Иванова М.В., Прусенко Б.Е., Жданько И.М. Разработка автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств операторов опасных производственных объектов и подбор методик для их улучшения. // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 7. – С. 20-27.

6 Волохина А.Т., Иванова М.В., Прусенко Б.Е., Заяц Б.С. IT - технологии для оценки профессионально важных качеств рабочего персонала ООО «Газпром трансгаз Самара» // Газовая промышленность. – 2008. – № 8. – С. 58-61.

7 Иванова М.В., Волохина А.Т. Использование метода экспертных оценок для анализа производственной деятельности рабочего персонала ООО «Газпром трансгаз Самара» // Нефть, газ и бизнес. – 2008. – № 9. – С. 44-49.

8 Волохина А.Т., Иванова М.В., Скобцова И.С. Повышение надежности деятельности рабочего персонала ООО «Газпром трансгаз Самара» за счет развития профессионально важных качеств // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 4. – С. 46-50.

9 Волохина А.Т., Иванова М.В., Столярова Л.В. Разработка методики интеллектуального тренинга рабочего персонала с целью повышения безопасности объектов магистрального транспорта газа // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2009. – № 2. – С. 37-44.

10 Иванова М.В., Волохина А.Т., Глебова Е.В., Прусенко Б.Е. Анализ существующих методов развития профессионально важных качеств и разработка методики их улучшения на примере рабочего персонала ООО «Газпром трансгаз Самара» // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 4. – С. 43-51.

11 Волохина А.Т., Глебова Е.В., Иванова М.В. Влияние человеческого фактора на безопасность эксплуатации газотранспортных систем // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2009. – № 3. – С. 46-48.

12 Кувыкин В.С., Михалева Г.В., Иванова М.В., Волохина А.Т. Снижение производственного травматизма и аварийности за счет использования на производстве компьютерных обучающих систем // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2009. – № 11. – С.74-78.

13 Кувыкин В.С., Глебова Е.В., Иванова М.В., Волохина А.Т. Повышение уровня промышленной безопасности объектов нефтедобычи за счет совершенствования процесса обучения операторов // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 12. – С. 132-134.

14 Кувыкин В.С., Михалева Г.В., Иванова М.В., Волохина А.Т. Использование компьютерной базы данных при обучении операторов по добыче нефти // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2009. – № 4. – С. 54-56.

15 Мурадов А.В., Волохина А.Т., Глебова Е.В., Иванова М.В. Аварийность магистральных газопроводов с учетом человеческого фактора // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 12. – С. 37-40.

16 Волохина А.Т. Снижение риска аварийности магистральных газопроводов за счет совершенствования профессионально важных качеств рабочих основных профессий // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. Сб. научных статей по проблемам нефти и газа. – 2010. – №3/260. – С. 124-129.

17 Павлова Н.М., Иванова М.В., Волохина А.Т., Глебова Е.В. Профессиографический анализ деятельности руководителей и специалистов

- объектов магистрального транспорта газа. // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2011. – № 1. – С. 46-50.
- 18 Павлова Н.М., Волохина А.Т., Иванова М.В., Глебова Е.В. Экспертная оценка как метод анализа производственной деятельности руководителей и специалистов ООО «Газпром трансгаз Самара». // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 7. – С. 24-29.
- 19 Павлова Н. М., Иванова М. В., Волохина А. Т., Глебова Е. В. Подбор психодиагностических методик для оценки профессионально важных качеств руководителей и специалистов ООО «Газпром Трансгаз Самара». // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 1. – С. 20-24.
- 20 Павлова Н.М., Волохина А.Т., Иванова М.В., Заяц Б.С. Автоматизированная система оценки профессиональной пригодности руководителей и специалистов ООО «Газпром трансгаз Самара». // Газовая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 46-49.
- 21 Павлова Н. М., Иванова М. В., Волохина А. Т., Глебова Е. В. Оценка показателей надежности деятельности сменного инженера газокompрессорной службы. // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 3. – С. 48-52.
- 22 Павлова Н.М., Волохина А.Т., Иванова М.В., Заяц Б.С. Использование компьютерных технологий для психологического сопровождения профессиональной деятельности руководителей и специалистов газотранспортных предприятий. // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. Сб. научных статей по проблемам нефти и газа. – 2012. – №1/266. – С. 155-164.
- 23 Павлова Н.М., Иванова М.В., Волохина А.Т., Глебова Е.В. Разработка автоматизированной методики тренинга профессионально важных качеств руководителей и специалистов объектов магистрального транспорта газа. // Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 3. – С. 14-17.
- 24 И.С. Морозов, И.М. Кривецкий, А.Т. Волохина, Е.В. Глебова Изучение профессионально важных качеств персонала, работающего вахтовым методом в условиях Крайнего Севера // Газовая промышленность. – 2013. – №11. - С. 80-84.
- 25 А.Т. Волохина, Е.В. Глебова, М.А. Гуськов Определение профессионально важных качеств оперативного персонала ООО «Газпром трансгаз Югорск» (на примере линейного обходчика) // «Нефть, газ и бизнес». – 2013. - № 12. - С. 51 -55.
- 26 И.С. Морозов, И.М. Кривецкий, А.Т. Волохина, Е.В. Глебова Анализ особенностей профессиональной деятельности персонала ООО «Газпром добыча Надым», влияющих на безопасность производственного процесса // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. Сб. научных статей по проблемам нефти и газа. – 2013. – №4/266. – С. 125-130.

- 27 Волохина А.Т. Промышленная безопасность магистральных газопроводов// Главный энергетик. - 2014. - № 7. – С. 64-70.
- 28 А.Т. Волохина, О.С. Яковлева Повышение промышленной безопасности магистральных газопроводов путем совершенствования системы обучения безопасным методам и приемам труда рабочих основных профессий (на примере машиниста технологических компрессоров ООО «Газпром трансгаз Чайковский»)// Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 1. – С. 11-15.
- 29 Коробцов С.Н., Глебова Е.В., Волохина А.Т., Гуськов М.А. Разработка автоматизированного комплекса оценки готовности оперативного персонала к действиям в аварийных ситуациях // Газовая промышленность. – 2014. – № 5. – С. 79-84.
- 30 Волохина А.Т., Глебова Е.В., Клейман И.Б., Федотов И.Е. Анализ производственной деятельности персонала // Безопасность в техносфере. - 2014.- № 1. – С. 45-52.
- 31 Глебова Е.В., Волохина А.Т., Гуськов М.А. Повышение эффективности оперативного реагирования при локализации аварии на примере персонала объектов магистральных газопроводов // Энергобезопасность и энергосбережение.- 2015. - № 2. - С. 43 - 49.
- 32 Глебова Е.В., Волохина А.Т., Гуськов М.А. Автоматизированная система оценки профессионально важных качеств оперативного персонала для повышения безопасности объектов магистрального трубопроводного транспорта // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 2015. - № 3. - С. 12-16.
- 33 Глебова Е.В., Волохина А.Т., Гуськов М.А. Снижение масштабов последствий аварий на объектах магистрального транспорта газа // Безопасность жизнедеятельности. - 2015. - № 5 (173). - С. 35-39.
- 34 Краплин Ю.С., Кривецкий И.М., Волохина А.Т., Глебова Е.В. Разработка алгоритма определения профессиональной пригодности персонала, работающего вахтовым методом в условиях Крайнего Севера // Газовая промышленность. - 2015.- № 3 (719). - С. 89-92.
- 35 Глебова Е.В., Волохина А.Т., Гуськова Т.Н., Гуськов М.А. Разработка нормативно-оценочных шкал для определения готовности персонала к выполнению работ повышенной опасности // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. - 2015. - № 4. - С. 150-156.
- 36 Глебова Е.В., Волохина А.Т. Совершенствование системы управления промышленной безопасностью в нефтегазовых компаниях на основе оценки профессиональных компетенций работников // Нефтяное хозяйство. 2017. № 1. С. 100-102.
- 37 Глебова Е.В., Волохина А.Т., Гуськов М.А., Гуськова Т.Н. Автоматизированная система оценки профессионально важных качеств

проходчиков нефтешахт для обеспечения безопасности объектов добычи нефти шахтным способом // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 4 (196). С. 21-26.

38 Глебова Е.В., Волохина А.Т. Разработка программного обеспечения для определения профессиональной пригодности персонала, работающего вахтовым методом в условиях Крайнего Севера // Научно-технический сборник: Вести газовой науки. 2017. №1 (29). С. 206 – 211.

39 Волохина А.Т. Обеспечение промышленной безопасности на предприятиях магистрального транспорта газа на основе компетентностного подхода к персоналу // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн./ УГНТУ. 2017. №5. С.67-91. URL: http://ogbus.ru/issues/5_2017/ogbus_5_2017_p67-91_VolokhinaAT_ru.pdf

40 Волохина А.Т. Анализ причин аварийности магистральных газопроводов методом «дерево отказов» // Технологии нефти и газа. 2017. №5 (112). С. 55 - 60.

Патенты

41 Заяц Б.С., Шумилов Н.В., Глебова Е.В., Волохина А.Т., Иванова М.В. Автоматизированная система оценки и тренинга профессионально важных качеств рабочих. Патент на полезную модель RU №119155 U1 Опубликовано 10.08.2012 Бюл. №22.

Учебно-методические пособия

42 Волохина А.Т., Глебова Е.В., Иванова М.В. Оценка профессионально важных качеств персонала в нефтегазовой промышленности - М.: Издательский центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2011. – 56 с.

В других изданиях

43 Иванова М.В., Волохина А.Т. Разработка стандарта уровня знаний по промышленной безопасности и охране труда для оператора по добыче нефти. // Сборник тезисов докладов 7-й Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России». – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. – С. 478.

44 Иванова М.В., Волохина А.Т. Разработка компьютерно-обучающей системы в области промышленной безопасности и охраны труда для операторов опасных производственных объектов на примере операторов по добыче нефти. // Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск: «Безопасность. Технологии. Управление». – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2007. – Том 1, С. 221-224.

45 Волохина А.Т., Иванова М.В. Анализ аварийности и травматизма на объектах нефтегазодобычи. // Сборник трудов заочной международной научно-практической конференции «Система управления экологической безопасностью». –

Екатеринбург: Уральский государственный технический университет – УПИ, 2007.– С. 294-297

46 Волохина А.Т., Иванова М.В. Обеспечение безопасности на производстве в условиях высокого риска возникновения чрезвычайных ситуаций с помощью оценки и улучшения профессионально важных качеств работников // Система управления экологической безопасностью. Сб. тр. Второй заочной междунар. научн.-практ. конф. – Екатеринбург: Уральский государственный технический университет – УПИ, 2008. Т. 2. - С. 291-296.

47 Волохина А.Т., Иванова М.В., Прусенко Б.Е. Оценка и улучшение профессионально важных интеллектуальных и психофизиологических качеств операторов опасных профессий // Матер. Междунар. научных чтений «Белые ночи-2008». – СПб.: МАНЭБ, 2008. Ч. 1. - С. 313-314.

48 Волохина А.Т., Иванова М.В., Прусенко Б.Е., Заяц Б.С. Компьютерное тестирование персонала // Охрана труда и социальное страхование. – 2008. – №8. С. 22-27.

49 Иванова М.В., Волохина А.Т., Глебова Е.В. Предупреждение аварий на магистральных газопроводах за счет проведения интеллектуального тренинга рабочего персонала // Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах. Матер. III-й Междунар. научн.-практ. конф. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2009. – С. 107-112.

50 Волохина А.Т., Глебова Е.В., Иванова М.В. Профотбор рабочих основных профессий предприятий магистрального трубопроводного транспорта газа с целью снижения травматизма и адаптации к вредным и опасным условиям труда // Экологическая безопасность в газовой промышленности (ESGI-2009). Матер. I-й Междунар. научн.-технич. конф. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – С. 71.

51 Волохина А.Т. Обеспечение промышленной безопасности магистральных газопроводов с учетом профессиональной пригодности рабочих основных профессий // Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России. Сб. тр. VIII Всероссийской научн.-практ. конф. –М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2010. Ч. 2. - С. 103.

52 Волохина А.Т. Анализ аварийности и травматизма на предприятиях магистрального транспорта газа // Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России. Сб. тр. VIII Всероссийской научн.-практ. конф. –М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2010. Ч. 2. - С. 124.

53 Павлова Н.М., Глебова Е.В., Волохина А.Т., Иванова М.В. Повышение уровня промышленной безопасности магистральных газопроводов на основе профессиональной пригодности руководителей и специалистов. // Образование и наука для устойчивого развития. Матер. Междунар. научн.-практич. конф. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. Ч. 4. – С. 28-30.

54 Заяц Б.С., Глебова Е.В., Волохина А.Т., Иванова М.В. Тренинг профессионально важных качеств – основа снижения травматизма в

ООО «Газпром трансгаз Самара». // Справочник специалиста по охране труда. – 2012. - №7. – С. 35-41.

55 Павлова Н. М., Иванова М. В., Волохина А. Т., Глебова Е. В. Разработка автоматизированной системы оценки и улучшения профессионально важных качеств руководителей и специалистов объектов магистрального транспорта газа // Инновационные решения для нефтегазовой отрасли (Опыт и перспективы). Матер. Междунар. научн.-технич. конф. – 19-20 апреля 2012 года, г. Оренбург.

56 Гуськов М.А., Волохина А.Т. Разработка автоматизированной системы оценки профессионально-важных качеств работников, участвующих в локализации и ликвидации аварий на опасных производственных объектах ООО «Газпром трансгаз Югорск» // Тезисы докладов юбилейной десятой всероссийской конференции молодых ученых, специалистов и студентов «Новые технологии в газовой промышленности» (газ, нефть, энергетика).- М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, С. 255.

57 Е.В. Глебова, А.Т. Волохина, М.А. Гуськов Применение IT-технологий для оценки профессионально важных качеств оперативного персонала газотранспортного предприятия // III Международная конференция и выставка. Экологическая безопасность в газовой промышленности. Тезисы докладов. -М.: ООО «Газпром ВНИИГАЗ». - С. 99.

58 Глебова Е.В., Волохина А.Т., Алексеева А.В., Ткач А.В. Обеспечение безопасности при добыче нефти шахтным способом на основе оценки профессионально важных качеств проходчиков нефтешахт [Электронный ресурс] / Научные технологии и инновации: Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2016. Ч. 6. С. 13-23.

59 Глебова Е.В., Волохина А.Т. Повышение уровня промышленной безопасности опасных производственных объектов добычи нефти шахтным способом на основе человеческого фактора / III Международная научно-практическая конференция «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке»: Тезисы докладов / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2016. С. 133-134.

60 Глебова Е.В., Волохина А.Т., Алексеева А.В., Ткач А.В. Разработка автоматизированной системы определения готовности персонала ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» к выполнению отдельных видов работ // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2016. - № 3. - С. 36-39.