

*На правах рукописи*



**МЕЛЬНИКОВА ДАРЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ  
НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ  
(на примере ООО «Газпром трансгаз Самара»)**

05.26.03 - Пожарная и промышленная безопасность  
(нефтегазовая отрасль)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Уфа - 2016

Работа выполнена на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ  
ВО «Самарский государственный технический университет (Сам ГТУ)

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор <b>Яговкин Николай Германович</b>
Официальные оппоненты:	<b>Чертыховцев Валерий Кириллович</b> доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» / кафедра «Общего и стратегического менеджмента», профессор  <b>Шурайц Александр Лазаревич</b> доктор технических наук, профессор, ОАО «Гипрониигаз», генеральный директор
Ведущая организация	ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (г. Тюмень)

Защита состоится 7 июля 2016 г. в 10-00 ч. на заседании диссертационного  
совета Д 212.289.05 при ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной  
технический университет» по адресу: 450062, Республика Башкортостан,  
г. Уфа, ул. Космонавтов 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет» и на сайте  
[www.rusoil.net](http://www.rusoil.net).

Автореферат диссертации разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Абуталипова Елена Мидхатовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** На опасных производственных объектах в нефтегазовой отрасли аварии и несчастные случаи происходят достаточно редко. Это объясняется следующим: во-первых, на этих объектах эксплуатируется, чаще всего, менее опасное высокотехнологичное оборудование, а во-вторых, осуществляется более жесткий контроль безопасного состояния рабочих мест и производства работ. Тем не менее, в случае возникновения аварий, они сопровождаются тяжелыми последствиями.

Контроль производства работ и устранением имеющихся нарушений осуществляются предприятиями нефтегазовой отрасли в рамках системы управления промышленной безопасностью. Однако наряду с достаточно высокой эффективностью имеется и серьезный недостаток, заключающийся в том, что мониторинг состояния промышленной безопасности ввиду отсутствия объективного критерия – количественной оценки риска на рабочих местах обычно осуществляется периодически и субъективно. Уровень безопасности будет значительно выше, если в рамках системы управления промышленной безопасностью будет проводиться количественная оценка риска, возникающего при выполнении технологического процесса.

Решению проблемы обеспечения безопасности и безаварийности посвящены исследования ведущих отечественных и зарубежных ученых: Армстронга М., Белова П.Г., Денисова Э.И., Друкера П., Измерова Н.Ф., Лапина В.А., Мурто-нена М., Пушенко С. Л., Роик В.Д., Рой Ж., Русака О.Н., Хенкли Э., Хруначева А.Г., Файнбурга Г.З., Хадарцева А.А. Однако их исследования требуют уточнения и дальнейшей разработки для использования при управлении промышленной безопасностью. В них не всегда и не в полной мере учитываются весь комплекс опасностей, имеющих место на опасных производственных объектах, человеческий фактор, и отсутствует универсальная методика количественной оценки риска, возникающего при выполнении технологического процесса, недостаточно разработана организационная система управления про-

мышленной безопасностью. В связи с этим становится актуальной разработка системы управления промышленной безопасностью с использованием в качестве критерия управления количественной оценки риска.

### **Цель работы**

Разработка теоретических основ снижения аварийности и травматизма на опасных производственных объектах нефтегазовой отрасли.

### **Задачи исследования**

1 Провести анализ известных методик количественной оценки риска, возникающего при выполнении технологических процессов на предприятиях нефтегазовой отрасли;

2 Разработать мероприятия по снижению или исключению влияния человеческого фактора на уровень риска, возникающего при выполнении технологических процессов в нефтегазовой отрасли;

3 Проанализировать механизм формирования риска, возникающего при выполнении технологических процессов на предприятиях нефтегазовой отрасли;

4 Создать универсальную методику количественной оценки риска, возникающего при выполнении технологических процессов на объектах нефтегазовой отрасли;

5 Разработать методику организационного управления промышленной безопасностью на предприятиях нефтегазовой отрасли.

### **Научная новизна**

1 Впервые достигнуто снижение влияния человеческого фактора на уровень риска, возникающего при выполнении диспетчерских и других функций на 10 ÷ 15% за счет снижения опасных и ошибочных действий.

2 Впервые предложена математическая модель количественной оценки риска по четырем факторам: возможной аварийности объекта, условиям труда, видам выполняемых работ и оборудования и использования СИЗ, что делает возможным применять её на опасных производственных объектах с использованием бальной шкалы, которая включает матрицы для расчета риска, что повышает точность и эффективность профилактических мероприятий на 7,2%.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании теории управления, применительно к промышленной безопасности, в частности методов снижения влияния человеческого фактора для предотвращения ошибочных и опасных действий, выбора и количественной оценки критерия управления, построения системы организационного управления, системы оптимизации работы контролирующих органов.

Практическая значимость заключается в том, что результаты диссертационной работы внедрены в ООО «Газпром трансгаз Самара» в виде документа «Системы управления профессиональными рисками» в части разработки видов опасностей, причин их появления на различных объектах, их идентификации, универсальной методики количественной оценки профессиональных рисков и построения системы управления ими, а также в учебный процесс кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Самарского государственного технического университета при изучении курса «Управление промышленной безопасностью».

### **Основные защищаемые положения**

1 Модели, позволяющие снизить влияние человеческого фактора на уровень риска, возникающего при выполнении технологических процессов на опасных производственных объектах в нефтегазовой отрасли;

2 Универсальная методика количественной оценки риска, возникающего при выполнении технологических процессов на опасных производственных объектах в нефтегазовой отрасли;

3 Модели и методики организационного управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах в нефтегазовой отрасли.

### **Достоверность проведенных исследований**

Обеспечивалась путем применения широко апробированных, а также оригинальных методов и методик, перед построением графических зависимостей все массивы экспериментальных данных обрабатывались с использованием подходов теории ошибок эксперимента и математической статистики.

### **Апробация результатов исследования**

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на IX Международной научно-практической конференции «Прикладные научные разработки» (Прага, 2013 г.), IX Международной научно-практической конференции «Наука: Теория и практика» (Варшава, 2013 г.), V international research and practice conference «Science and Technology» (Munich, 2013 г.), IX Международной научно-практической конференции «Наука в информационном пространстве» (Днепропетровск, 2013 г.), IX научно - практической конференции «Научная индустрия европейского континента» (Прага, 2013г.), Международной научно-практической конференции «Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа» (Уфа, 2014 г.), Международной научно-практической конференции «Новости передовой науки» (София, 2014 г.), X international scientific and practical conference «Scientific Horizons – 2014» (Sheffield, 2014 г.), Международной научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники – 2015» (Уфа, 2015 г.).

### **Публикации**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 23 научных трудах, в том числе в 2 монографиях и в 3 ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

### **Объем и структура работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 117 наименований. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста, содержит 17 рисунков, 19 таблиц и 4 приложения.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и основные задачи, обозначены основные положения, выносимые на защиту, показаны научная новизна и практическая ценность результатов работы.

В **первой главе** проведен анализ влияния человеческого фактора на обеспечение промышленной безопасности производственного объекта нефтегазовой отрасли. Установлено, что более половины нештатных ситуаций на промышленных объектах происходит по вине человека, и для их профилактики необходимо разработать научно-обоснованный метод по их минимизации путем организации профессионального отбора, профессиональной подготовки и определения оптимального режима труда и отдыха.

Как известно, рациональный режим труда и отдыха обеспечивает безаварийную и безопасную работу персонала при трехсменной работе выполняющего ответственную операторскую деятельность. Наиболее эффективным способом снижения уровня аварийности и травматизма на объектах нефтегазовой отрасли является система управления промышленной безопасностью, которая регламентирует уровень безопасного производства работ и выполнение действий по устранению аварийности и травматизма. Они эффективны только в том случае, если носят системный характер (охватывают все аспекты безопасной деятельности человека и выполняются в установленной последовательности).

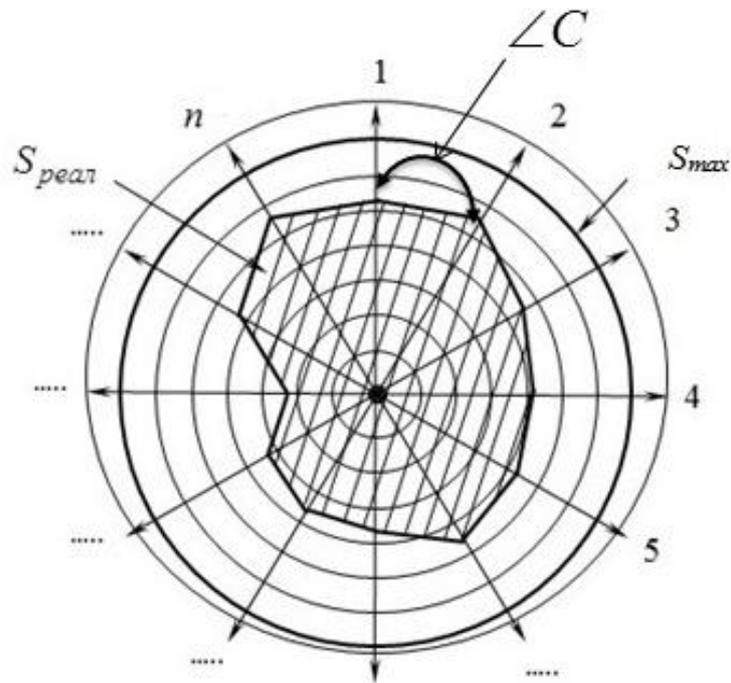
Формирование эффективной системы управления промышленной безопасностью (ООО «Газпром трансгаз Самара») предполагает использование ряда основополагающих принципов:

1. Приведение технологического процесса в соответствие нормативным требованиям обеспечения промышленной безопасности;
2. Применение системы проведения профессионального отбора, профессиональной подготовки и введения рационального режима труда и отдыха.

Профессиональный отбор (профотбор) позволяет установить соответствие физических и психофизиологических характеристик человека выполняемой работе. Для ряда профессий (например, диспетчер), профессиональная пригодность определяется с помощью профессиограмм, которые служат для оценки профессионально важных качеств и свойств (физических, психологических и ряда других).

В отличие от известных способов сверстки данных профессионально важ-

ных качеств сотрудников, таких как аналитическое мышление, пространственное мышление, техническое мышление, скорость мыслительных процессов и т.д., представленная модель профессиограммы (рисунок 1), которая позволяет сделать обобщенную количественную оценку полученных профессиональных характеристик человека. Обобщенная оценка профпригодности представляет собой заштрихованную область на профессиограмме, при помощи которой определяется суммарная характеристика профессионально важных качеств в относительных единицах.



1, ...,  $n$  – параметры профессионально важных качеств, характеризующие показатели профотбора,  $S_{max}$  – площадь единичного круга, образованного заранее установленными значениями, радиус которого  $r = 1$ ,  $S_{real}$  – площадь, образованная совокупностью частных показателей,  $C$  – угол между  $i$ -ым и  $i + 1$  векторами профессионально важных качеств

Рисунок 1 – Общий вид модели профессиограммы

Нормируемая профпригодность устанавливается количественно для каждого вида выполняемых работ экспериментальным путем. Ее величина сравнивается с обобщенной оценкой показателей, которая в профессиограмме является заштрихованной площадью и определяется следующим образом:

$$\Theta = \frac{0,5 \cdot \sin C}{\pi} \left\{ \left[ \sum_{i=1}^{n-1} \Theta_i \Theta_{i+1} \right] + \Theta_1 \Theta_n \right\}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность модели;  $C$  – угол между  $i$ -ым и  $i + 1$  векторами профессионально важных качеств;  $i = 1 \dots n$  – номер частного показателя профессионально важных качеств.

Как известно, при профессиональной подготовке персонала преследуются три взаимосвязанные задачи:

- обучить каждого руководителя, специалиста и работника методам и способам снижения профессиональных рисков;
- поддерживать полученные знания в течение всей трудовой деятельности;
- совершенствовать обучение, его организацию и методическое обеспечение в соответствии с изменениями в требованиях законодательных и нормативных правовых актов.

Учитывая специфику работ на опасных производственных объектах нефтегазовой отрасли для повышения в процессе трудовой деятельности профессионально важных качеств у работающих в системе ООО «Газпром трансгаз Самара» используются методики отдельно для специалистов и рабочих. Однако они не учитывают время, которое потребуется для формирования у сотрудников заданных показателей к определенному виду деятельности. В связи с этим возникла необходимость в разработке обобщенной методики оценки профессионально важных качеств сотрудников работающих на опасных производственных объектах нефтегазовой отрасли, которая учитывает данный аспект.

Принято, что сотрудник в полной мере обладает профессионально важными качествами для работы на опасном производственном объекте, если время, необходимое ему для достижения заданного уровня подготовки, не превышает времени, отводимого для этих целей. Таким образом, критерием оценки уровня подготовленности сотрудника является время, требуемое ему для достижения заданного уровня подготовки, по значению которого устанавливается необходимость ее продолжения. В общем же случае выражение, характеризующее профессионально важные качества как для убывающих, так и для возрастающих показателей, зависящих от времени  $t$  может быть представлено в виде:

$$Q(t) = Q_{np} - (Q_{np} - Q_0) \cdot e^{-\frac{t}{t_0}}, \quad (2)$$

где  $Q(t)$  – фактическое значение показателя, характеризующего квалификацию;  
 $Q_{np}$  – предельное значение показателя, характеризующего квалификацию;  
 $Q_0$  – начальное значение показателя, характеризующего квалификацию;  
 $t_0$  – время, соответствующее значению показателя  $Q_0$ .

При  $Q_{np} > Q_0$  выражение (2) представляет собой возрастающую экспоненту ( $Q_{np} = Q_{max}$ ), которая описывает положительную динамику изменения показателя уровня квалификации по мере накопления навыков. Для решения математической модели разработан графический метод (рисунок 2) определения составляющих выражения (2). По экспериментальным данным в системе координат «время – показатель квалификации» строится кривая, по которой определяются  $Q_{np}$  как предельное значение  $Q(t)$  при  $t \rightarrow \infty$ . Значения  $t_0$  определяются при любом их соотношении со временем наблюдения. Для этого на кривой, сглаживающей экспериментальные данные, выбирается точка  $M(t_1; Q(t_1))$ .

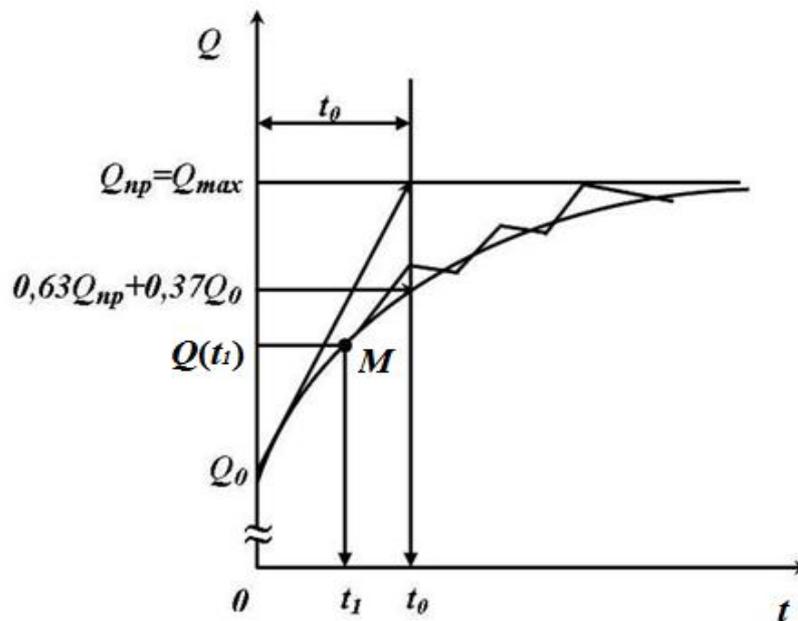


Рисунок 2 – Графическая зависимость изменения показателей, характеризующего квалификацию от времени

Полученная модель используется для оценки уровня профессиональных компетенций работающего, которая позволяет достоверно определить время,

необходимое для формирования начального уровня квалификации.

На следующем этапе, для снижения влияния человеческого фактора на возникновение ошибочных действий сотрудников, разработана математическая модель определения устойчивости работоспособного состояния персонала. Отдых целесообразно предоставлять в начальной стадии появления утомления у работников, чтобы предотвратить резкое её падение, т.к. именно в этот период чаще всего возникают ошибочные действия. С целью повышения точности при физиологическом обосновании перерывов для отдыха разработана соответствующая методика, основанная на использовании кривых сменной работоспособности. Рассматриваются функция вработываемости  $f_1(t) = K_1 \cdot (1 - e^{-N_1 t})$  и функция утомления  $f_2(t) = -K_2 \cdot (1 - e^{-N_2 t})$ , где  $K_1 > 0$ ,  $K_2 > 0$  – наибольшие значения соответственно факторов вработываемости и утомления при  $t \rightarrow +\infty$ ,  $N_1$ ,  $N_2$  – коэффициенты, учитывающие скорость приближения этих факторов к асимптотически предельным значениям,  $t$  – время работы, мин.

Очевидно, что  $f_1(0) = f_2(0) = 0$ ,  $f_1(+\infty) = K_1$ ,  $f_2(+\infty) = -K_2$ .

При сложении  $f_1(t)$  и  $f_2(t)$  получена функция  $F(t)$ , описывающая динамику работоспособности:

$$F(t) = f_1(t) + f_2(t) \quad (3)$$

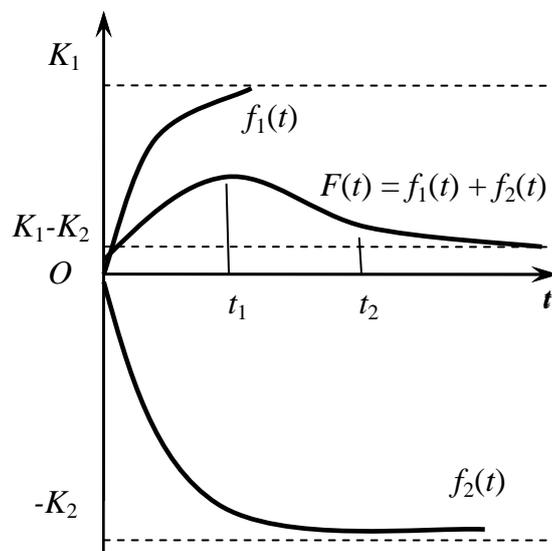


Рисунок 3 – График динамики работоспособности

Критическая точка времени наступления периода неустойчивой работоспособности  $t_1$ , при котором функция  $F(t)$  принимает максимальное значение, определяется формулой:

$$t_1 = \frac{1}{N_2 - N_1} \ln \frac{K_2 N_2}{K_1 N_1}. \quad (4)$$

Положение точки окончания периода неустойчивой работоспособности определяется по формуле (5):

$$t_2 = \frac{1}{N_2 - N_1} \ln \frac{K_2 N_2^2}{K_1 N_1^2}, \quad (5)$$

Если фактор утомления в момент времени  $t = 0$  имеет значение  $K_2^*$ , а фактор вработываемости – значение  $K_1^*$ , то функции вработываемости и утомления соответственно, примут вид  $f_1^*(t) = f_1(t) + K_1^* e^{N_1 t}$  и  $f_2^*(t) = f_2(t) - K_2^* \cdot e^{-N_2 t}$ .

Для описания динамики работоспособности с учётом того, что  $f_1^*(0) = K_1^*$ ,  $f_2^*(0) = -K_2^*$ ,  $f_1^*(+\infty) = K_1$ ,  $f_2^*(+\infty) = -K_2$ , принимается функция

$$F^*(t) = f_1^*(t) + f_2^*(t). \quad (6)$$

Точка времени наступления периода неустойчивой работоспособности  $t_1^*$ , при котором функция  $F^*(t)$  принимает максимальное значение, и точка окончания периода неустойчивой работоспособности  $t_2^*$ , соответственно равны

$$t_1^* = \frac{1}{N_2 - N_1} \cdot \ln \left( \frac{K_2 - K_2^*}{K_1 - K_1^*} \cdot \frac{N_2}{N_1} \right); \quad (7)$$

$$t_2^* = \frac{1}{N_2 - N_1} \cdot \ln \left( \frac{K_2 - K_2^*}{K_1 - K_1^*} \cdot \frac{N_2^2}{N_1^2} \right). \quad (8)$$

Точки  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_1^*$ ,  $t_2^*$  являются основополагающими для формирования перерывов для отдыха. Перерывы необходимо делать во временном интервале между найденными точками.

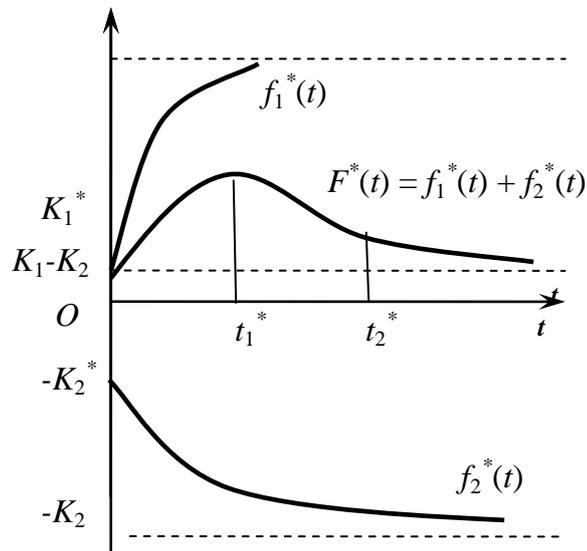


Рисунок 4 – График изменения работоспособности с учетом факторов утомления и вработываемости

Разработанная математическая модель рационального режима труда и отдыха способствует обеспечению безопасного и безаварийного протекания рабочего процесса на объектах нефтегазового комплекса путем определения момента наступления неустойчивой работоспособности сотрудника, учитывая функциональные обязанности, степень ответственности и график работы.

Во **второй главе** проанализирован механизм формирования риска, возникающего при выполнении технологических процессов, разработаны методы оптимизации системы, контролирующей состояние промышленной безопасности, заключающиеся в методиках планирования контрольно-профилактической работы и оптимизации штатного состава органов контроля. Проанализированы известные модели количественной оценки риска на предмет их универсальности и возможности использования в нефтегазовой отрасли.

Риск представлен в виде модели взаимодействия двух сложных подсистем: человека и производственной среды, между которыми установлены реактивные связи. В результате функционирования системы может возникнуть отрицательный эффект – риск, в результате которого может быть нанесен ущерб человеку.

Идентификация опасностей осуществляется при проведении контролирующей деятельности. Оптимизация идентификации опасностей осуществляется за счёт повышения эффективности действий контролирующих органов, ко-

торая состоит в её планировании и оптимизации численности персонала органов контроля. Цель совершенствования безопасности проводимых работ состоит в выборе кратности контроля, т.е. в выделении объектов, подлежащих многократному контролю, с последующим устранением выявленных нарушений.

Математически это сводится к нахождению  $m$ -мерного вектора кратности контроля  $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ , реализующего одно из двух условий:

$$\begin{cases} P(X) \rightarrow \max \\ S(X) \leq S_\delta \end{cases}, \quad \begin{cases} S(X) \rightarrow \min \\ P(X) \geq P_\delta \end{cases} \quad (9)$$

где  $S_\delta$  – максимально допустимое значение затрат, необходимое для выполнения контролирующей деятельности;  $P_\delta$  – минимальная вероятность обнаружения опасностей в процессе контролирующей деятельности;  $P(X)$  – вероятность идентификации опасностей при проведении контролирующей деятельности;  $S(X)$  – затраты на выполнение контролирующей деятельности и устранение выявленных отклонений.

При принятых предположениях вероятность будет определяться произведением, а затраты – суммой входящих в них частных показателей процесса:

$$P_\delta(X) = \prod_{i=1}^m P_{\delta_i}, \quad S(X) = \sum_{i=1}^m S_i, \quad (10)$$

где  $P_{\delta_i}$  – вероятность выполнения  $i$ -тых технологических операций без происшествий и предпосылок к ним в течение определённого времени;  $S_i = S_i^{\text{контроль}} + S_i^{\text{устранение}}$  – затраты, необходимые для организации в это же время контроля безопасности проводимых работ и устранения выявленных отклонений,  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Для решения задачи обоснования рациональной численности органов контроля (ОК) разработана методика, которая заключается в оценке эффективности ОК по степени выполнения возложенных на него функций, обосновании его рациональной организационно-штатной структуры с помощью заданного ком-

плексного показателя  $Q_{OK}$ , определяемого выражением

$$Q_{OK} = \sum_{i=1}^M k_i \cdot Q_{OK}^i, \quad (11)$$

где  $Q_{OK}^i$  – степень выполнения функций  $i$ -ым ОК;  $k_i$  – весовой коэффициент, учитывающий вклад  $i$ -ого ОК во всю совокупность выполняемых функций;  $M$  – общее количество ОК.

Физический смысл показателя  $Q_{OK}^i$  заключается в соотношении требуемых трудозатрат  $i$ -ого ОК на выполнение своих функций по решению задач с реальными возможностями этого ОК по их выполнению. Требуемая численность персонала  $i$ -ого ОК определяется из выражения

$$N_{TP}^i = \frac{Z_{TP}^i}{Z_H}, \quad (12)$$

где  $Z_H$  – нормативные трудозатраты одного человека в год с учетом потерь рабочего времени (отпуск, болезнь и т.д.).

Определяемая на основании (12) требуемая численность  $i$ -ого ОК является рациональной численностью этого ОК.

Известные модели для количественной оценки риска отличаются многообразием подходов к их решению. Можно выделить три из них: синтетический (комплексный), количественный и основанный на изучении субъективных оценок, полученный в результате совмещения двух предыдущих. Большинство моделей независимо от подхода используют известные положения теории надежности. Основными параметрами, характеризующими безопасность в таких моделях, являются: вероятность появления опасной зоны (опасной ситуации); вероятность отказа в работе защитных устройств; вероятность появления человека в опасной зоне и т.п.

В результате проведенного анализа методов и моделей количественной оценки риска установлено, что для этих целей используется большое количество показателей от различных коэффициентов до экономических характеристик,

что приводит к большому разнообразию методов оценки, т.к. в каждом отдельном случае риск определялся для конкретных, четко регламентированных условий.

В **третьей главе** разработана методика оценки риска, возникающего при выполнении технологических процессов для объектов ООО «Газпром трансгаз Самара» с учетом опасностей, имеющих место при эксплуатации газопровода. Она является универсальной и учитывает рекомендации, как Газпрома, так и отечественный и зарубежный опыт.

Оценка является критериальной для управления промышленной безопасностью и производится с учетом возможной аварийности, выполнения различных видов работ, условий труда и используемых средств индивидуальной защиты.

Риск  $R$  складывается из следующих основных составляющих:

- возможной аварийности объекта  $R_A$ ;
- выполнения работ, в том числе повышенной опасности  $R_R$ ;
- неблагоприятных условий труда, определяемых по результатам специальной оценки рабочих мест по условиям труда  $R_T$ ;
- отсутствия или несоответствия выполняемой работе средств индивидуальной защиты  $R_C$ .

Составляющие риска являются совокупностью независимых случайных величин. Следовательно, интегральная оценка риска  $R$  (определяемая в условных единицах) в аддитивной форме позволяет задавать относительную важность каждого из показателей:

$$R = k_A R_A + k_R R_R + k_T R_T + k_C R_C, \quad (13)$$

где  $k_A, k_R, k_T, k_C$  – весовые коэффициенты.

Для унификации количественной оценки риска предложено использовать балльную систему. При этом риск от каждого из факторов  $R_A, R_R, R_T, R_C$  оценивается по шкале от 1 до 25, соответственно суммарный  $R$  может составлять от 4 до 100 баллов, что позволяет использовать удобную шкалу для оценки суммарного риска.

Риск, вследствие возможной аварийности  $R_A$  определяется как

$$R_A = P_A \cdot T_A, \quad (14)$$

где  $P_A$  – вероятность реализации опасности;  $T_A$  – тяжесть последствий.

При использовании балльных оценок  $P_A$  и  $T_A$  лежат в диапазоне 1 – 5, соответственно опасность  $R_A$  – в диапазоне 1 – 25.

Проведена оценка вероятности реализации опасности и тяжести последствий на всех объектах ООО «Газпром трансгаз Самара», результаты которой были использованы для оценки риска при выполнении технологических процессов.

Риск, вследствие выполнения работ, в том числе повышенной опасности  $R_R$ , определяется как

$$R_R = P_R \cdot O_R, \quad (15)$$

где  $P_R$  – частота выполнения работы;  $O_R$  – потенциальная опасность работы, определяемая в условных единицах.

Установлены основные виды работ повышенной опасности (взрывные, газоопасные, огневые и т.д.) и места их возникновения на объектах ООО «Газпром трансгаз Самара» (участки магистральных газопроводов, газораспределительные станции, газопроводы и отводы и т.д.).

Оценка риска вследствие неблагоприятных условий труда производится из выражения

$$R_T = P(A) \cdot y, \quad (16)$$

где  $P(A)$  – вероятность неблагоприятного воздействия в процессе производственной деятельности;  $y$  – ущерб в результате неблагоприятных воздействий (в условных единицах). При работе во вредных условиях труда (с определенным их классом)  $P(A)=1$  соответственно

$$R_T = y, \quad (17)$$

где  $y$  – балльная оценка класса условий труда.

Произведена оценка риска по результатам специальной оценки условий труда в ООО «Газпром трансгаз Самара», которая позволила оценить опасности при выполнении всех видов работ.

Для оценки риска вследствие отсутствия или несоответствия выполняемой работе средств индивидуальной защиты начисляются баллы, которые суммируются. При полном соответствии риск принимает значение единицы, максимальное значение – 25.

Предложенная математическая модель количественной оценки риска при выполнении технологических процессов является универсальной. Она адаптирована для опасных производственных объектов в нефтегазовой отрасли, так как учитывает аварийность объектов.

В **четвертой главе** рассмотрены вопросы организации управления промышленной безопасностью (СУПБ) в ООО «Газпром трансгаз Самара». Построены концептуальная и информационная модели, разработаны методика обработки информации, системы поддержки принятия решений по профилактике рисков и формирования стратегии управления, методика оптимизации организационной системы.

При организации управления используется системный подход. Первым этапом является моделирование системы, которое содержит два этапа: разрабатывается концептуальная модель, затем на её основе информационная. Первая модель организации управления промышленной безопасностью предполагает наличие элементов управления и установление взаимосвязей (рисунок 5).

Вторая модель организации управления промышленной безопасностью, является развитием первой и предназначена для количественной оценки параметров управления объекта, представлена на рисунке 6.



Рисунок 5 – Концептуальная модель организации управления промышленной безопасностью

Для поддержки принятия управленческих решений по обеспечению безопасности используется метод системного анализа. Выявление значимости факторов при формировании управляющего воздействия произведено методом экспертных оценок с использованием способа попарных сравнений. Результаты сравнения оформляются в виде квадратной матрицы.

Оценка результатов парных сравнений  $B_{ij}$  выполняется на основе шкал качественных и количественных оценок предпочтительности элементов по отношению друг к другу.

Весовые коэффициенты элементов представлены в виде вектора  $N = (N_1, N_2, \dots, N_L)$ , который удовлетворяет уравнению:

$$C \cdot N = L_{\max} \cdot N, \quad (18)$$

где  $C = B \cdot A$  – матрица значений парных сравнений коэффициентов значимости элементов системы;  $A$  – матрица, сопряженная с  $B$  (их элементы связаны соотношением  $a_{ij} = b_{ji}$ );  $L_{\max}$  – наибольшее собственное значение матрицы  $C$ .

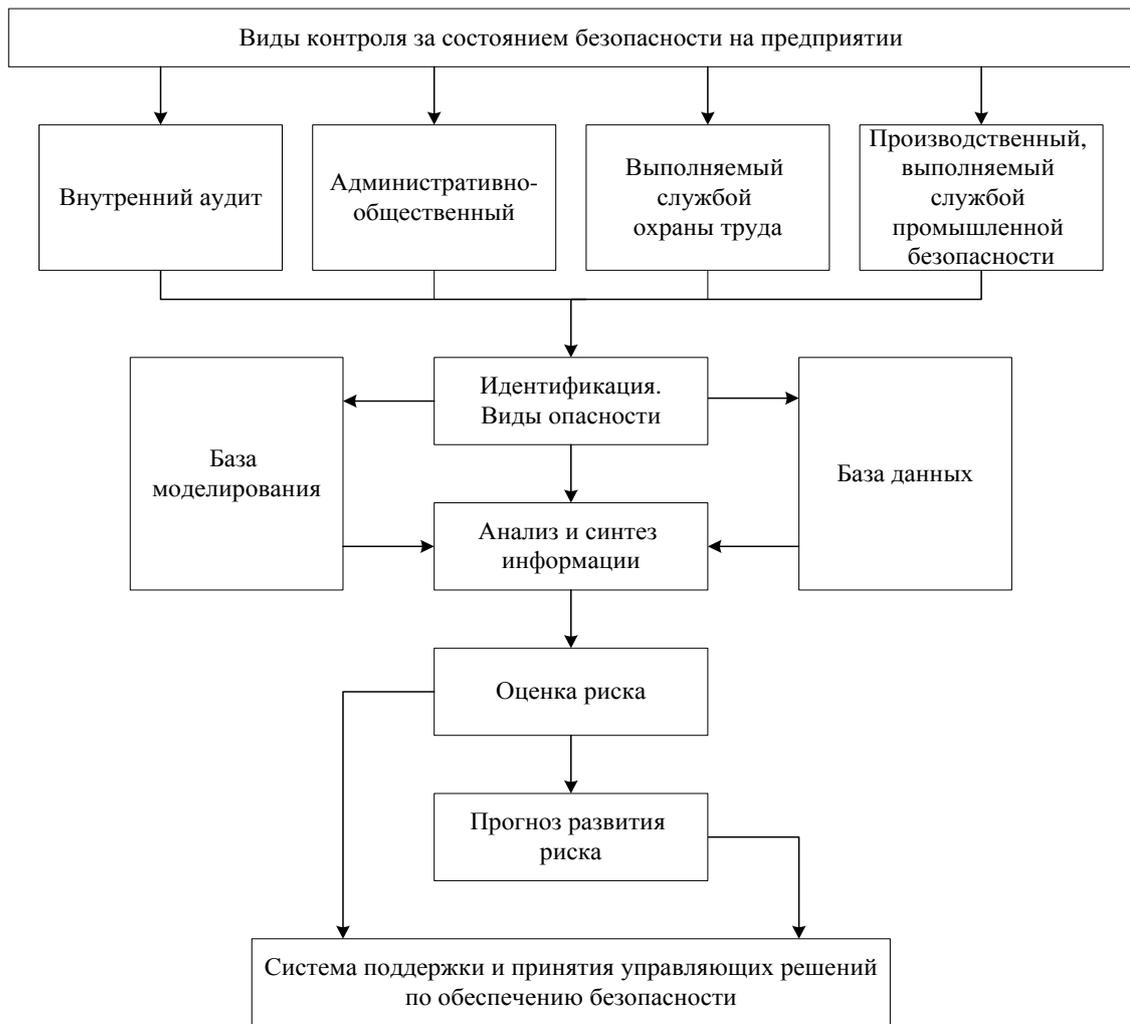


Рисунок 6 - Информационная модель организации управления промышленной безопасностью

Решение характеристического уравнения на основе рекуррентной процедуры сводится к определению вектора  $N(k) = C \cdot N(k-1)$ , где  $N(0) = E$ ,  $\max_{i=1,2,\dots,L} |N_i(k) - N_i(k-1)| \leq \Delta$  – условие окончания итерационного процесса,  $\Delta$  – требуемая точность вычислений.

Компоненты вектора  $N(k)$ , полученного на последней итерации, представляют собой искомые значения факторов.

Выбор стратегии управления производится с помощью оценочного функционала  $G = (g_{jk})$ . Ситуацией принятия решения будет матрица, элементами  $g_{jk}$  которой являются количественные оценки принятого решения  $\varphi_k$  при условии, что среда находится в состоянии  $\theta_j$ :

$$G = \begin{array}{c} \varphi_1 \quad \dots \quad \varphi_k \quad \dots \quad \varphi_M \\ \left( \begin{array}{ccccc} g_{11} & \dots & g_{ik} & \dots & g_{iM} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{j1} & \dots & g_{jk} & \dots & g_{jM} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{N1} & \dots & g_{Nk} & \dots & g_{NM} \end{array} \right) \left| \begin{array}{c} \theta_1 \\ \dots \\ \theta_j \\ \dots \\ \theta_N \end{array} \right. \end{array} \quad (19)$$

Здесь  $\{\varphi_1, \dots, \varphi_k, \dots, \varphi_M\}$  – множество решений, определяющих выбор стратегии действий;  $\{\theta_1, \dots, \theta_N\}$  – множество состояний среды, которая может находиться в одном из состояний  $\theta_j$ ;  $g_{jk}$  – количественные оценки принятого решения (риск) в случае выбора стратегии  $k$  при условии того, что внешняя среда находится в состоянии  $j$ .

Вероятностно-статистические критерии при использовании матрицы позволяют определить наиболее эффективные стратегии действий по предотвращению аварийных ситуаций и избежать возможных потерь.

Вектор целей организационной системы управления рисками – это иерархически упорядоченная совокупность целей, которые необходимо достичь. Вектор состояния этой системы взаимосвязан с вектором целей и структурно его повторяет, но описывает фактическое положение дел. Вместе они образуют вектор ошибки управления, т.е. разность вектора целей управления и вектора состояния. Именно она и вызывает неопределенность и, как следствие, необходимость изменений в системе управления, которые необходимы для повышения её эффективности. Разработаны основные направления повышения эффективности изменений с использованием XYZ - анализа, который позволяет классифицировать ответственность профилактических мероприятий.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1 По результатам проведенного анализа известных методик количественной оценки риска, возникающего при выполнении технологических процессов, установлено, что в силу различных обстоятельств ни одна из них в полной мере не может быть использована на опасных производственных объектах.

2 Разработан комплекс эффективных мер по снижению аварийности и травматизма на опасных производственных объектах в нефтегазовой отрасли. Снизить или исключить влияние человеческого фактора возможно при наличии

качественных систем профессионального отбора, воспитания профессионально значимых качеств, профессионального обучения и установления рационального режима труда и отдыха. Разработанные по этим направлениям соответствующие модели позволяют оптимизировать эти виды деятельности и снизить опасные и ошибочные действия диспетчеров на 10 - 15%.

3 Из известных теорий травматизма наиболее подходящей для объяснения механизма формирования риска на опасных производственных объектах является энерго-энтропийная. Оптимизировать идентификацию опасностей удалось за счет улучшения работы контролирующих органов предприятий путем создания методик для планирования работы и оптимизации состава контролирующих органов.

4 Анализ опасностей на объектах ООО «Газпром трансгаз Самара» позволил сделать вывод, что методика количественной оценки риска должна включать четыре составляющих - возникающих в результате возможной аварийности объекта, при выполнении производственной деятельности, при неблагоприятных условиях труда и в результате неиспользования или использования несоответствующих условиям выполняемой работы индивидуальных защитных средств. Разработаны матрицы для балльной оценки каждого показателя и интегральной оценки профессионального риска. В результате эффективность профилактических мероприятий за последние два года выросла на 7,2%.

5 Создана методика организации системы управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах (на примере ООО «Газпром трансгаз Самара»). Она включает концептуальную информационную модель, методику обработки информации, методику поддержки принятия управленческих решений, методику стратегического планирования профилактических мероприятий и методику оценки действенности системы управления, что позволило исключить в последние 3 года серьезные аварии и несчастные случаи, связанные с выполнением технологических процессов.

6 Результаты работы внедрены в системе ООО «Газпром трансгаз Самара», а также используются при подготовке специалистов по промышленной безопасности в Самарском государственном техническом университете.

**Основные результаты работы опубликованы в следующих научных трудах:**

в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК  
Министерства образования и науки РФ

1. Мельникова, Д.А. Оценка профессионального риска опасного производственного объекта: балльный метод экспертных оценок / Д.А. Мельникова, Н.Г. Яговкин, М.А. Кривова// Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 9 (153). – С. 39-43.

2. Мельникова, Д.А. Методика выбора наиболее эффективных мероприятий по устранению профессиональных рисков на рабочих местах опасных производственных объектов/ Д.А. Мельникова, М.А. Кривова, Н.Г. Яговкин // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов / ИПТЭР. – Уфа, 2014. – Вып. 1 (95). – С. 119-129.

3. Мельникова, Д.А. Основополагающие принципы обеспечения безопасности человека при построении системы управления профессиональными рисками / Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 8. – С. 9-13.

#### Монографии

4. Мельникова, Д.А. Формирование профессионального риска (психологический аспект) / Д.А. Мельникова, Е.А. Чернышева. – Самара: ООО «Книга», 2014. – 69с.

5. Мельникова, Д.А. Теоретические аспекты формирования систем управления профессиональным риском на опасных производственных объектах / Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин. – Самара: ООО «Медиа Книга», 2014. – 120 с.

#### Прочие публикации

6. Мельникова, Д.А. Системный подход к формированию системы управления профессиональными рисками / Д.А. Мельникова, Т.Ю. Фрезе, Г.Н. Яговкин // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 58-59.

7. Мельникова, Д.А. Сохранение эффективности системы управления профессиональными рисками организации при изменении состояния внешней и внутренней среды / Д.А. Мельникова, Т.Ю. Фрезе, Н.Г. Яговкин // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2014. – № 2. – С. 39-42.

8. Мельникова, Д.А. Использование многоальтернативного способа обработки информации в системах управления безопасностью / Д.А. Мельникова, Е.В. Алекина, Е.Н. Яговкина // Инфокоммуникационные технологии. – 2014. – Т. 12. – № 4. – С. 102-106.

9. Мельникова, Д.А. Основы организации управления профессиональными рисками / Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 1 (7). – С. 1920-1922.

10. Мельникова, Д.А. Оценка влияния психологических характеристик человека на обеспечение безопасности его труда / Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин // Вестник СамГТУ, сер. «Психология и педагогика». – 2015. – № 2. – С. 132-139.

11. Мельникова, Д.А. Модель оценки надежности системы «оборудование-персонал» / Д.А. Мельникова, Е.В. Алекина, Е.Н. Яговкина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск «Актуальные проблемы трибологии». – 2015. – С. 87-88.

12. Мельникова, Д.А. Управление надежностью на стадии проектирования, эксплуатации оборудования и выполнения технологических процессов / Д.А. Мельникова, Н.Г. Яговкин, Е.М. Лужаева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сер. «Механика и машиностроение». – 2015. – Т. 17. – № 2. – С. 139-142.

13. Мельникова, Д.А. Качество жизни населения и экология / Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин; коллективная монография под общ. ред. Л. Н. Семерковой. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – Глава 1.5. Метод комплексной оценки профессионального риска. – 2014. – С. 67-88.

14. Мельникова, Д.А. Методика выбора наиболее эффективных мероприятий по снижению рисков / Д. А. Мельникова, Е. А. Чернышева // Прикладные научные разработки: матер. IX Междунар. научн.-практ. конф., 27 июля – 5 августа 2013 г. – Прага, 2013. – С. 95-98.

15. Мельникова, Д.А. Основные принципы организации управления профессиональными рисками / Д.А. Мельникова, Е.А. Чернышева // Наука: Теория и практика –

2013: матер. IX Междунар. научн.-практ. конф., 7 – 15 августа 2013 г. – Варшава, 2013. – С. 102-106.

16. Melnikova, D.A. Professional risk estimation by reliability parameter / D.A. Melnikova // Science and Technology: materials of the V international research and practice conference, Munich, October 3rd – 4th, 2013. – Munich, 2013. – Vol. I.– P. 441-444.

17. Мельникова, Д.А. Системный анализ и синтез системы управления профессиональным риском / Д.А. Мельникова, Е.А. Чернышева, Е. В. Алекина// Наука в информационном пространстве: матер. IX Междунар. научн.-практ. конф., 10 – 11 октября 2013 г. – Днепропетровск, 2013. – С. 103-108.

18. Мельникова, Д.А. Экономическая целесообразность правомерности риска в действиях персонала / Д.А. Мельникова, Е.А. Чернышева, А.Д. Мельников // Научная индустрия европейского континента – 2013: матер. IX научн.-практ. конф., 27 ноября–05 декабря 2013 г. – Прага, 2013. – С. 40-43.

19. Melnikova, D.A. Evaluation of reliability under different operating conditions of human and machine / D.A. Melnikova // Materials of the IV international research and practice conference. – Westwood, Canada 2014. – Vol. II. Science, Technology and Higher Education. – P. 388-391.

20. Мельникова, Д.А. Идентификация ситуации при управлении промышленной безопасностью на объектах нефтегазового комплекса / Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: матер. Междунар. научн.-практ. конф. – Уфа, 2014. – С. 305-306.

21. Мельникова, Д.А. Теоретические основы формирования и оценки профессионального риска / Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин // Новости передовой науки: сб. матер. конф. 17-25 мая 2014 г. – София, 2014. – С. 58-64.

22. Мельникова, Д.А. Оценка влияния «человеческого фактора» на безопасность при выполнении работ повышенной опасности / Д.А. Мельникова, Е.В. Алекина, Е.Н. Яговкина // Materials of the X international scientific and practical conference «Scientific Horizons – 2014». – Sheffield, 2014. – С. 47-51.

23. Мельникова, Д.А. Методика оценки профессионального риска в подразделении предприятия / Д.А. Мельникова, М.А. Кривова, Г.Н. Яговкин // Актуальные проблемы науки и техники: матер. VIII Междунар. научн.-практ. конф. молодых ученых: В 3 т. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. – С. 163-164.