

На правах рукописи



A handwritten signature in black ink.

Бондарь Екатерина Алексеевна

**МЕТОД РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ СНИЖЕНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ РАБОТНИКОВ
НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

05.26.01 - Охрана труда (нефтегазовая отрасль)

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург – 2009

A faint, circular stamp or mark, possibly a library or archival stamp, located in the bottom right corner of the page.

Работа выполнена в ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет».

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Минько Виктор Михайлович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Новиков Николай Николаевич
кандидат технических наук, доцент Архипов Геннадий Федорович

Ведущая организация:

ФГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охраны и экономики труда»

Защита состоится «10» июня 2009 года в 15 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 205.003.01 при Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149)

Автореферат разослан «7» мая 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Хорошилов О.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современное состояние охраны труда в Российской Федерации, показатели производственного травматизма, профессиональной и профессионально обусловленной заболеваемости и реальное положение дел с условиями труда заставляют искать новые подходы к устранению и снижению профессионального риска.

Рост числа работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, профессиональной и профессионально обусловленной заболеваемости характерны и для нефтегазовой отрасли страны. Статистические данные по этой отрасли подтверждают более высокий рост числа работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, нежели в среднем по России.

Решение проблемы требует реформирования системы управления охраной труда и промышленной безопасностью с учетом, в том числе, экономических интересов сторон трудовых отношений. При этом основной целью является переход от реагирования на страховые случаи к управлению процессом снижения профессионального риска повреждения здоровья работников. При выборе управленческих решений практически всегда требуется из альтернативных путей минимизации риска определить оптимальный с учетом экономических и социальных критериев эффективности предлагаемых мер. Реализация такого подхода возможна через построение и исследование оптимизационных математических моделей, учитывающих конкретные условия производства. Исходную информацию для построения таких моделей предоставляют аттестация рабочих мест по условиям труда, процедура анализа и оценки профессионального риска, производственный контроль, либо она может быть получена путем специально проводимых измерений и исследований.

Цель диссертационной работы — разработка основ расчета оптимальных программ снижения профессионального риска на базе

математической модели повышения безопасности рабочей среды и обоснование возможности ее применения в нефтегазовой отрасли для решения соответствующих практических задач снижения профессионального риска для работников данной отрасли.

Следует отметить, что программы снижения профессионального риска формируются на этапе эксплуатации объекта из мероприятий, направленных на нормализацию устранимых в рамках данной технологии факторов.

Задачи исследования:

1. Проведение анализа существующих математических моделей управления риском, в том числе в нефтегазовой отрасли.
2. Формирование математической модели повышения безопасности рабочей среды, определение метода ее исследования с учетом нелинейности связей между оценками риска и затратами на его снижение.
3. Разработка метода расчета оптимальной программы снижения профессионального риска для работников нефтегазовой отрасли, включая определение оптимальных сроков реализации мероприятий, с использованием данных о фактическом состоянии рабочей среды.
4. Разработка программных средств для реализации вышеуказанного метода и его апробация на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Объектами диссертационного исследования являются рабочая среда в организациях и на предприятиях нефтегазовой отрасли, источники профессионального риска, характерные для нефтегазовой отрасли.

Предметом исследования являются математические модели повышения безопасности рабочей среды и управления профессиональным риском.

Поставленные в работе задачи решались **методами** теоретического анализа, математического моделирования, использовались системный подход,

методы исследования операций, численные методы обработки эмпирического материала.

Научная новизна работы заключается в том, что

– сформирована оптимизационная математическая модель повышения безопасности рабочей среды, учитывающая нелинейность зависимостей между результативностью мероприятий, нормализующих факторы рабочей среды, и затратами на них;

– предложен новый метод расчета оптимальной программы снижения профессионального риска, обеспечивающий получение оптимального набора предупредительно-профилактических мероприятий, с использованием данных аттестации рабочих мест по условиям труда, а также результатов анализа и оценки профессионального риска для работников нефтегазовой отрасли;

– получен новый способ определения оптимальных сроков реализации предупредительно-профилактических мероприятий, обеспечивающий минимальную дозу воздействия опасных и вредных производственных факторов на работников за период планирования;

– установлена зависимость снижения интенсивности воздействия опасных и вредных производственных факторов (повышения безопасности рабочей среды) от объемов средств, вкладываемых в мероприятия по снижению профессионального риска (при условии их оптимального использования).

Практическая значимость работы состоит в следующем: применительно к организациям и предприятиям нефтегазовой отрасли разработаны Методические рекомендации по оптимальному планированию управляющих воздействий по снижению профессионального риска, которые основаны на комплексном подходе, учитывающем как вредные, так и опасные производственные факторы.

Достоверность научных результатов обеспечена обработкой и использованием значительного объема фактических данных об уровнях

факторов рабочей среды, тяжести и напряженности трудового процесса, полученных с применением современных приборов контроля факторов рабочей среды, а также апробацией полученной методики непосредственно на предприятиях нефтегазовой отрасли.

На защиту выносятся следующие основные результаты диссертационного исследования:

– математическая модель повышения безопасности рабочей среды, учитывающая нелинейность зависимостей между результативностью и стоимостью мероприятий, нормализующих факторы рабочей среды;

– метод расчета оптимальной программы снижения профессионального риска с использованием данных аттестации рабочих мест по условиям труда, а также результатов анализа и оценки профессионального риска для работников нефтегазовой отрасли;

– способ определения оптимальных сроков реализации предупредительно-профилактических мероприятий, обеспечивающий минимальную дозу воздействия опасных и вредных производственных факторов на работников за период планирования.

Исследования проводились на базе ООО «ЛУКОЙЛ – Калининградморнефть», Филиал ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» Калининградское линейное производственное управление магистральных газопроводов (КЛПУ МГ), ООО завод «Калининградгазавтоматика».

Апробация работы. Результаты работы были представлены на Всероссийской конференции по проблемным вопросам охраны труда (г. Москва, 15-16 февраля 2006 г.), III, IV, V международных научных конференциях «Инновации в науке и образовании» (г. Калининград, 19-21 октября 2005, 18-20 октября 2006, 16-18 октября 2007), на конкурсе лучших инновационных решений в области обеспечения безопасных условий труда «Здоровье и безопасность - 2006» (Москва 2006 г.), на научных чтениях «Белые ночи -2008» (г. Санкт-Петербург, 2-4 июня 2008 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе одна статья в журнале, рекомендованном ВАК Министерства образования и науки РФ.

Реализация результатов исследования. Методические рекомендации по оптимальному планированию управляющих воздействий, направленных на снижение профессиональных рисков на предприятиях и в организациях нефтегазовой отрасли внедрены в ООО завод «Калининградгазавтоматика».

Результаты проведенных исследований используются также в учебном процессе Калининградского государственного технического университета и вошли разделом в изданные методические указания к практическим занятиям для студентов вузов, обучающихся по специальности 280102.65 – «Безопасность технологических процессов и производств», по учебной дисциплине «Математическое моделирование в управлении охраной труда»

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка использованных литературных источников (84 наименования), приложения. Работа изложена на 166 страницах, включая 41 таблицу, 39 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цель, задачи, отражена научная новизна выполненных исследований и их практическая значимость.

Проведенный в **первой главе** анализ известных методов оценки и управления профессиональным риском показал, что в настоящее время в отечественной практике оценки профессионального риска отсутствует какая-либо общепринятая методика.

Используемые в настоящее время методики оценки профессионального риска (в том числе нормативные), опирающиеся на результаты измерений уровней ОВПФ, достаточно объективны, однако при этом оценивают только риск возникновения профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний. В свою очередь, методики оценки профессионального риска, основанные чаще всего на методах Файн–Кинни и анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО) субъективны, хотя и позволяют оценить профессиональные риски в полном объеме (риск возникновения заболеваний и риск производственного травматизма). Такого рода методики используются в настоящее время некоторыми предприятиями нефтегазовой отрасли.

Предлагаемые в нормативных документах методы оптимального управления профессиональным риском учитывают эффективность соответствующих мероприятий с точки зрения величины снижения профессионального риска, но не учитывают очевидных ограничений по финансированию профилактических мероприятий. Вместе с тем в научной литературе (Рубин В.С., Амоша А.И., Ройк В.Д., Мишко В.М., Бурков В.Н., Белов П.Г., Браун Д. и др.), изложены методики оптимального управления производственным и профессиональным рисками, учитывающие и результативность мероприятий, и затраты на их реализацию.

Часть методик оптимального управления риском основана на линейных математических моделях. Вместе с тем по отношению к ряду ОВПФ линейность этих моделей принята без должных оснований. Другие методики оптимального управления риском не уточняют вид зависимости между результативностью мероприятий, снижающих риск, и их стоимостью и решают задачу планирования в общем виде. Поэтому остается актуальной задача поиска более обоснованных подходов к решению задачи оптимального управления профессиональным риском, пригодных для практического применения.

Во второй главе выполнен анализ практики применения математического моделирования при оценке и управлении рисками в нефтегазовой отрасли. В ходе анализа выяснено, что все рассмотренные отраслевые методики основаны на методах АВПКО и Файн-Кинни; для оценки профессионального риска используются результаты аттестации рабочих мест по условиям труда; при определении числовой оценки риска в отраслевых методиках применяется мультипликативный подход и сходные показатели, хотя ранжирование этих показателей разными методиками различно.

К недостаткам рассмотренных методик можно отнести субъективность определения большинства показателей риска, а также отсутствие способа реализации принципа оптимальности при управлении риском. В основном результативность методик анализа и управления риском в нефтегазовой отрасли ограничена получением качественного и (или) количественного значения риска, дальнейшего практического применения эта величина не находит.

Достоинством всех отраслевых методик является относительная простота их реализации и возможность автоматизации процесса анализа и оценки риска.

Анализ состояния профессионального риска на предприятиях нефтегазовой отрасли Калининградской области, результаты которого приведены в **третьей главе**, подтверждает, что проблемы, связанные с производственным травматизмом, профессиональной и профессионально обусловленной заболеваемостью, ростом числа работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, в полной мере характерны для данной отрасли и в Калининградской области. Общее состояние условий труда на предприятиях нефтегазовой отрасли в Калининградской области приведено на рисунке 1.

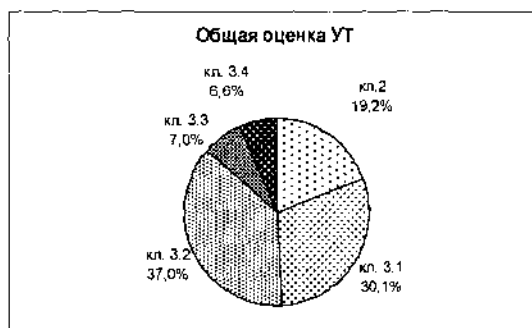


Рисунок 1 – Распределение работников предприятий нефтегазовой отрасли Калининградской области по классам условий труда

По данным аттестации рабочих мест в допустимых условиях труда на предприятиях нефтегазовой отрасли Калининградской области заняты менее 20% работников. Для рабочих этот показатель уменьшается до 11%, для руководителей и специалистов составляет 52%.

В главе проанализированы условия труда на наиболее крупных предприятиях отрасли, выделены значимые для нефтегазовой отрасли ОВПФ, выполнен анализ по отдельным факторам, а также определена интенсивность воздействия ОВПФ на предприятиях нефтегазовой отрасли Калининградской области. Проведено сравнение данных об условиях труда в Калининградской области с аналогичными данными по Российской Федерации. На предприятиях нефтегазовой отрасли Калининградской области по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда в 2002-2006 годах процент работающих в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, значительно выше (80%), чем в среднем по отраслям России (22,7%), а также в нефтедобывающей промышленности (12,9%) и газовой промышленности Российской Федерации (36,5%).

Поскольку предлагаемые в современных научных исследованиях методы оптимального управления производственным и профессиональным рисками либо рассматривают упрощенный вариант линейной зависимости

между оценками риска и затратами на мероприятия по его снижению, либо ссылаются на отсутствие методик определения результативности мероприятий с учетом их стоимости, в четвертой главе предложена нелинейная математическая модель повышения безопасности рабочей среды и метод ее исследования для решения конкретных задач снижения уровня риска.

В качестве критерия оптимизации управления профессиональным риском предлагается использовать величину $J(t)$ – интенсивность воздействия ОВПФ:

$$J(t) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}(t) N_{ij}, \text{ чел} \cdot \text{балл} \quad (1)$$

где n – число учитываемых на j -м производственном участке факторов условий труда;

m – число участков на предприятии;

$x_{ij}(t)$ – балльная оценка i -го фактора на j -м участке в момент времени t ;

N_{ij} – число работников j -го участка, находящихся под воздействием i -го фактора.

Балльные оценки ОВПФ x_{ij} связаны с классом условий труда по данному ij -му фактору. Наиболее часто используется перевод класса условий труда в балл в соответствии с таблицей 1 (Минько В.М., Белов П.Г.). Этот способ используется и в нормативных документах, хотя предлагаются и другие способы определения балльной оценки как табличные, так и в виде зависимостей (НИИ медицины труда РАМН, ВНИИ железнодорожной гигиены, Минморфлот, Ещенко А.И., Топалкаров А.Т., Субботин В.В., Ткачев В.В., Минько В.М.)

Таблица 1 — Качественные и количественные критерии профессионального риска по классам условий труда

Класс условий труда по степени вредности и опасности	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4
Балльная оценка профессионального риска	1	2	3	4	5	6

Выбор того или иного метода перевода класса условий труда в балльную оценку риска не влияет ни на постановку, ни на выбор способа решения оптимизационной задачи.

Очевидно, что вкладывая некоторые средства в мероприятия, снижающие профессиональный риск, можно влиять на балльные оценки риска x_{ij} , т.е.

$$x_{ij} = f_{ij}(W_{ij}) \quad (2)$$

Математическая модель, на основании которой могут решаться задачи снижения интенсивности неблагоприятного воздействия ОВПФ за счет внедрения мероприятий по охране труда в условиях финансовых ограничений, записывается следующим образом

$$\begin{aligned} \Delta J &= \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (x_{ij0} - x_{ijn}) N_{ij} \rightarrow \max, \\ \text{где } x_{ijn} &= f(W_{ij}) \\ \text{при ограничении} & \\ \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n W_{ij} &\leq W \\ 0 \leq W_{ij} &\leq W_{ijn} \end{aligned} \quad (3)$$

где ΔJ – общее снижение интенсивности ОВПФ (общая результативность мероприятий);

W_{ij} – затраты на устранение или уменьшение неблагоприятного воздействия ij -го ОВПФ;

W_{ijn} – планируемые по смете затраты на нормализацию ij -го фактора;

W – общий выделенный бюджет на повышение безопасности рабочей среды, снижение тяжести и напряженности трудовых процессов;

x_{ijn} – планируемая балльная оценка ij -го ОВПФ, достигнутая за счет внедрения мероприятий, снижающих профессиональный риск;

x_{j0} – начальная балльная оценка ij -го ОВПФ (по результатам аттестации рабочих мест или иным данным).

При этом предполагается, что зависимости «эффект/затраты» $x_{jn} = f_j(W_{ij})$ нелинейны, для снижения интенсивности ОВПФ могут быть предложены альтернативные мероприятия, а планирование осуществляется в условиях ограничений на объемы финансирования.

Для исследования сформированной модели повышения безопасности рабочей среды в диссертационной работе использован метод динамического программирования, представляющий собой способ оптимизации решений, специально приспособленный к решению многошаговых задач.

Предложены следующие этапы постановки и решения задачи снижения профессионального риска.

1. Шагом при решении данной задачи является выделение денежных средств на предупредительно-профилактические мероприятия в данном подразделении предприятия. Число шагов (m) в решении задачи соответствует числу подразделений предприятия, в отношении которых запланированы мероприятия по снижению профессионального риска.

2. Параметр S , характеризующий состояние системы перед j -м шагом – это остаток денежных средств на выполнение мероприятий по нормализации рабочей среды, снижению тяжести и напряженности трудового процесса в j -м, $j+1$ -м, $j+2$ -м, ..., m -м подразделениях предприятия.

3. Шаговым управлением, т.е. решением, от которого зависит выигрыш на данном шаге и выигрыш операции в целом, является объем средств, выделяемый на мероприятия в данном подразделении, W_j . При этом $0 \leq W_j \leq S \leq W$, где W – общий выделенный бюджет на повышение безопасности рабочей среды, снижение тяжести и напряженности трудового процесса.

4. Выигрыш, который приносит системе на j -м шаге управление W_j , если перед этим система была в состоянии S (т.е. перед началом планирования на j -м участке в распоряжении оставался остаток средств S) - это снижение интенсивности воздействия ОВПФ за счет внедрения мероприятий в j -м, $j+1$ -м, $j+2$ -м, ..., m -м подразделениях предприятия. Функция выигрыша $\Delta J_j = f_j(S, W_j)$ определяется в соответствии с рекуррентным соотношением (4).

5. Под влиянием управления W_j состояние S системы на j -м шаге меняется следующим образом: $S' = S - W_j$, т.е. новое состояние системы S' - это остаток денежных средств после финансирования мероприятий в j -м подразделении.

6. Поиск оптимального решения начинается с условной оптимизации последнего шага: задаваясь всей гаммой состояний S , из которых можно прийти до конечного состояния, для каждого S определяется условный оптимальный выигрыш (4) в виде максимального снижения интенсивности ОВПФ и находится условное оптимальное управление $W_m(S)$, для которого этот максимум достигается.

7. Затем следует провести условную оптимизацию $(m-1)$ -го, $(m-2)$ -го и далее шагов. Если состояние системы в начальный момент известно (известна сумма выделенных средств W), то на первом шаге варьировать состояние системы не нужно. Состояние системы на первом шаге характеризуется величиной W . Оптимальный выигрыш за всю операцию равен $\Delta J^* = \Delta J_1(W)$.

8. Решение задачи в виде безусловных шаговых управлений и выигрышей на каждом шаге определяется в ходе безусловной оптимизации, заключающейся в «чтении» соответствующих рекомендаций на каждом шаге, начиная с первого.

Принцип оптимальности, лежащий в основе решения задачи повышения безопасности рабочей среды, сформулирован следующим

образом: какие бы средства уже не были вложены в мероприятия, нормализующие риск, вкладывать средства на предупредительно-профилактические мероприятия в данном подразделении нужно так, чтобы снижение профессионального риска в данном подразделении и во всех оставшихся было бы максимальным.

Основное рекуррентное уравнение динамического программирования, выражающее условный оптимальный выигрыш, для данной задачи записывается следующим образом

$$\Delta J_j(S) = \max_{w \leq S} \{f_j(w) + \Delta J_{j+1}(S-w)\}, \quad (4)$$

где S – сумма денежных средств, вкладываемых в мероприятия по нормализации риска на j -м шаге (в мероприятия в j -м и последующих в списке подразделениях);

$\Delta J_j(S)$ – оптимальный выигрыш (начиная с j -го шага и до конца), т.е. применительно к конкретной задаче – величина снижения интенсивности воздействия ОВПФ в данном и всех последующих в списке подразделениях предприятия за счет внедрения мероприятий по нормализации профессионального риска, при этом на мероприятия (в j -м и последующих подразделениях) тратится S денежных средств;

$f_j(w)$ – «функция выигрыша» - зависимость снижения интенсивности воздействия ОВПФ от вложенных денежных средств w ;

$\Delta J_{j+1}(S-w)$ – оптимальный выигрыш на последующих за j -м шагах – т.е. оптимальное вложение средств в мероприятия по нормализации риска в $j+1$, $j+2, \dots, t$ (последнем) подразделениях; на мероприятия на последующих за j -м подразделением в списке тратится сумма, уменьшенная на величину w (т.е. на величину средств, вложенных на j -м участке).

Зависимость снижения интенсивности воздействия ОВПФ в j -м подразделении от вложенных денежных средств $f_j(w)$ представляется в

табличной форме. При этом результативность мероприятия ΔJ определяется по формуле

$$\Delta J = (x_{ij0} - x_{ijn})N_{ij} \quad (5)$$

где x_{ij0} , x_{ijn} – начальная и планируемая балльные оценки для ij -го мероприятия. При построении зависимости используются проектная и сметная документация по каждому планируемому мероприятию, а также учитывается вложение средств в различные комбинации мероприятий с учетом альтернативных. Пример такой зависимости приведен далее (таблица 3).

Для практического применения предложенного метода разработана технология оптимального планирования снижения профессионального риска, которая включает следующие этапы: подготовка исходных данных, построение и первоначальная оптимизация зависимостей «эффект – затраты», построение оптимальной программы снижения профессионального риска, формирование результирующей таблицы.

Исходными данными для решения задачи являются перечень ОВПФ, уровни которых требуют снижения, балльные оценки риска по этим факторам, число работников, на которых воздействуют перечисленные факторы, перечень мероприятий, нормализующих данные ОВПФ, с указанием их стоимости и планируемой оценки риска. Все исходные данные для решения задачи дает аттестация рабочих мест по условиям труда или результаты анализа и оценки профессионального риска, проектная и сметная документация на планируемые мероприятия.

Метод расчета оптимальной программы снижения профессионального риска позволяет получить перечень мероприятий, которые при заданных средствах обеспечивают максимальное снижение профессионального риска либо при минимальных затратах обеспечивают снижение риска до приемлемого уровня. Реализовать одну из альтернативных целей оптимизации позволяет полученная в рамках расчета оптимальной программы снижения

профессионального риска зависимость повышения безопасности рабочей среды от объемов средств, вкладываемых в мероприятия по снижению профессионального риска (при условии их оптимального использования) (см. рисунок 2). Полученная зависимость с достаточно высокой достоверностью ($r^2=0.9991$) описывается полиномом 2-й степени $y = ax^2 + bx + c$ (для зависимости, приведенной на рисунке 4.7, $a = -0.07, b = 19, c = 22$).

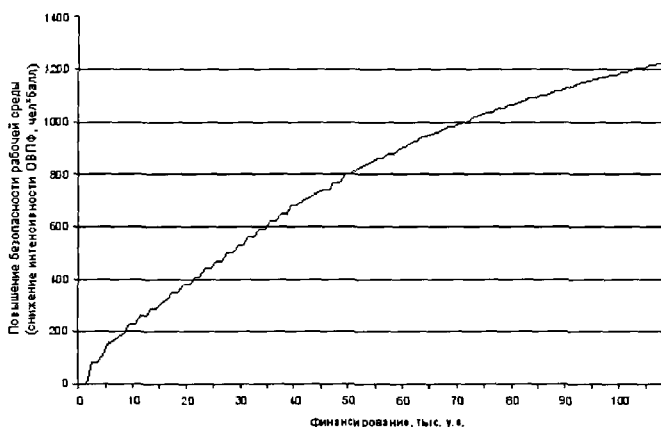


Рисунок 2 – Повышение безопасности рабочей среды в зависимости от объема средств, вкладываемых в мероприятия по снижению профессионального риска (при условии их оптимального использования)

Из рисунка 2 следует, что, начиная с некоторого объема вкладываемых средств, снижение риска существенно уменьшается. Поэтому дальнейшее увеличение этого объема становится неэффективным и необходимы иные подходы к снижению профессионального риска, например, переход на принципиально новые технологии, замена оборудования и т.п.

Кроме того, метод позволяет получить оптимальную последовательность реализации мероприятий, нормализующих

профессиональный риск, за счет минимизации дозы воздействия ОВПФ на этапе внедрения мероприятий. Оптимизация сроков реализации мероприятий может выполняться либо упорядочиванием мероприятий по отношению «эффект/затраты» - $\frac{(x_{yn} - x_{y0}) \cdot N_{ij}}{W_{ij}}$, либо путем многократного (по числу этапов планирования) решения задачи оптимального планирования снижения профессионального риска. И в первом, и во втором случае обеспечивается минимизация коллективной дозы воздействия ОВПФ за период внедрения мероприятий T $D = \int_0^T J(t) dt$ (см. рисунок 3).

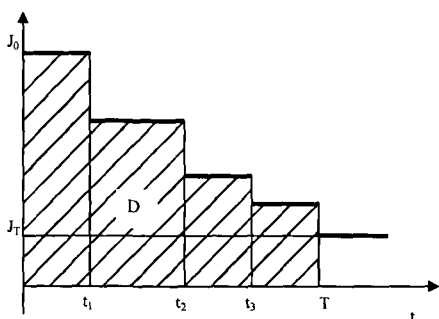


Рисунок 3 - Возможное изменение интенсивности воздействия ОВПФ в течение времени T

В четвертой главе приведен пример построения оптимального плана мероприятий, снижающих профессиональный риск; результат получен с помощью программной реализации технологии оптимального планирования снижения профессионального риска, также разработанной в рамках диссертационного исследования. При решении задачи использовались данные об условиях труда работников базы производственного обслуживания организации ООО «ЛУКОЙЛ Калининградморнефть». Исходные данные для решения задачи,

зависимость снижения интенсивности воздействия ОВПФ от вложенных денежных средств $f_1(w)$ в прокатно-ремонтном цехе бурового оборудования, труб и турбобуров - участке по ремонту бурового оборудования и оптимальный план мероприятий при ограниченном финансировании показаны в таблицах 2, 3 и 4.

Таблица 2 – Исходные данные для планирования снижения профессионального риска (пример)

Наименование ОВПФ	Наименование профилактического мероприятия	Стоимость проекта W_{ij} , тыс. у.е.	Оценка ij -го фактора до и после проведения мероприятия		Количество работников N_{ij} , находящихся под воздействием ij -го фактора
			X_{ij0}	$X_{ijп}$	
Прокатно-ремонтный цех бурового оборудования, труб и турбобуров - Участок по ремонту бурового оборудования					
1. Пониженная температура воздуха	Настил полов с низким коэффициентом теплоусвоения	8	3	2	90
	Реконструкция системы отопления	12		1	90
2. Физические перегрузки	Внедрение средств малой механизации	2	4	2	15
3. Отсутствие рационального режима труда и отдыха	Разработка внутрисменных режимов труда и отдыха, устройство мест организованного отдыха	6,5	3	2	90

Продолжение таблицы

Наименование ОВПФ	Наименование профилактического мероприятия	Стоимость проекта W_{ij} , тыс. у.е.	Оценка ij-го фактора до и после проведения мероприятия		Количество работников N_{ij} , находящихся под воздействие ij-го фактора
			X_{ij0}	$X_{ijп}$	
4. Повышенный шум	Перепланировка оборудования	2	4	3	15
	Внедрение средств звукоизоляции оборудования	5		2	15
5. Тепловое излучение - повышенный уровень	Внедрение теплоизоляции	2	5	3	10
	Внедрение теплозащитных экранов	3,5		2	10
6. Недостаточная искусственная освещенность	Реконструкция системы освещения (проект 1)	5,5	5	3	40
	Реконструкция системы освещения (проект 2)	7,5		2	40
Прокатно-ремонтный цех бурового оборудования, труб и турбобуров - Участок по ремонту труб и турбобуров					
1. Физические перегрузки	Внедрение тельферов и транспортеров	10	5	1	30
2. Монотонность	Рационализация технологического процесса	2	4	2	40
3. Недостаточная естественная освещенность	Внедрение устройств для мойки окон	3	3	2	70
4. Недостаточная искусственная освещенность	Реконструкция системы освещения	3	3	2	28
	Проектирование и монтаж новой системы освещения	4		2	40

Окончание таблицы 2

Наименование ОВПФ	Наименование профилактического мероприятия	Стоимость проекта W_{ij} , тыс. у.е.	Оценка i -го фактора до и после проведения мероприятия		Количество работников N_{ij} , находящихся под воздействием i -го фактора
			X_{ij0}	$X_{ijп}$	
5. Повышенный шум	Внедрение акустических экранов	5	5	3	20

Склад металлоконструкций

1. Физические перегрузки	Внедрение подъемников и тележек	8	5	2	15
2. Пониженная температура воздуха	Настил деревянных полов	4	4	2	15
	Реконструкция системы отопления	8		1	15
3. Повышенная скорость движения воздуха	Механизация закрытия въездных ворот	1,5	3	1	15

Участок по производству реагентов

1. Незащищенные подвижные элементы оборудования	Оборудование станков защитными средствами	6,5	3	1	20
2. Нерациональный режим труда и отдыха	Устройство мест организованного отдыха	8	3	1	40
3. Недостаточная искусственная освещенность	Реконструкция системы общего освещения	5,5	3	2	40
4. Повышенная влажность	Улучшение гидроизоляции	3,5	4	2	40
	Внедрение тепловых завес	9,5		1	40

Таблица 3 – Зависимость снижения интенсивности воздействия ОВПФ от вложенных денежных средств

Код реализации мероприятий ¹	варианта	Стоимость мероприятий, тыс. у.е	Снижение интенсивности воздействия ОВПФ, чел*балл
Прокатно-ремонтный цех бурового оборудования, труб и турбобуров - Участок по ремонту бурового оборудования			
000000		0	0
010000		2	30
010010		4	50
000001		5,5	80
001000		6,5	90
000002		7,5	120
010002		9,5	150
010012		11,5	170
200000		12	180
010112		13,5	185
001002		14	210
011002		16	240
200001		17,5	260
201000		18,5	270
200002		19,5	300
210002		21,5	330
210012		23,5	350
210022		25	360
210112		25,5	365
201002		26	390
211002		28	420
211012		30	440
211022		31,5	450
211112		32	455
211122		33,5	465
211212		35	470
211222		36,5	480

¹ Каждая позиция кода означает, выполняется (1,2,... - номер альтернативы) или не выполняется (0) мероприятие, номер которого совпадает с номером позиции в коде. Код 010002 означает, что выполняется второе и шестое мероприятия, причем для реализации шестого мероприятия существуют по крайней мере два альтернативных проекта, в соответствии с данным кодом выбирается второй проект.

Таблица 4 – Результат оптимального планирования (выделено 80 тыс. у.е.)

Название участка	Планируемые мероприятия	Стоимость мероприятия, тыс. у.е.	Снижение интенсивности воздействия ОВПФ, чел*балл
Прокатно-ремонтный цех бурового оборудования, труб и турбобуров - Участок по ремонту бурового оборудования	Реконструкция системы освещения (проект 2)	7,5	120
	Внедрение теплоизоляции	2	20
	Перепланировка оборудования	2	15
	Устройство мест организованного отдыха	6,5	90
	Внедрение средств малой механизации	2	30
	Реконструкция системы отопления	12	180
Итого по подразделению		32	455
Прокатно-ремонтный цех бурового оборудования, труб и турбобуров - Участок по ремонту труб и турбобуров	Внедрение акустических экранов	5	40
	Проектирование и монтаж новой системы освещения	4	40
	Внедрение устройств для мойки окон	3	70
	Рационализация технологического процесса	2	80
	Внедрение тельферов и транспортеров	10	120
Итого по подразделению		24	350
Склад металлоконструкций	Механизация закрытия въездных ворот	1,5	30
	Настил деревянных полов	4	30
Итого по подразделению		5,5	60
Участок по производству реагентов	Улучшение гидроизоляции	3,5	80
	Реконструкция системы общего освещения	5,5	40
	Устройство мест организованного отдыха	8	80
Итого по подразделению		17	200
Итого по предприятию		78,5	1065

На рисунке 2 показана зависимость между оптимальным снижением интенсивности ОВПФ и вложенными денежными средствами, рассчитанная по данным примера. Важно отметить, что увеличение объема вкладываемых средств свыше 80-90 тыс. у.е. не приводит к существенному снижению интенсивности ОВПФ.

В пятой главе с учетом множественности источников профессионального риска (рабочая среда, факторы трудового процесса, повышенная травмоопасность оборудования и технологических процессов) обоснована необходимость в комплексном подходе к их снижению. На основании комплексного подхода разработаны Методические рекомендации по оптимальному планированию управляющих воздействий, направленных на снижение профессионального риска на предприятиях и в организациях нефтегазовой отрасли.

В заключении приведены основные результаты выполненной работы, сведения об апробации и внедрении результатов исследования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Доказана возможность построения оптимальной программы снижения профессионального риска на базе данных аттестации рабочих мест по условиям труда или иных оценок факторов рабочей среды.

2. Разработана математическая модель для решения задачи снижения профессионального риска, учитывающая нелинейность зависимостей между снижением риска по отдельным производственным факторам и затратами на соответствующие профилактические мероприятия. Кроме того, учитываются ограничения на общий допустимый расход средств на цели снижения риска, а также ограничения на затраты по отдельным профилактическим мероприятиям.

3. Предложен новый метод расчета программы снижения профессионального риска, обеспечивающий получение оптимального набора

предупредительно-профилактических мероприятий и оптимальных сроков их реализации, с использованием данных аттестации рабочих мест по условиям труда, а также результатов анализа и оценки профессионального риска для работников нефтегазовой отрасли.

4. С использованием предложенного метода разработаны Методические рекомендации по оптимальному планированию управляющих воздействий по снижению профессионального риска в организациях и на предприятиях нефтегазовой отрасли, которые основаны на комплексном подходе, учитывающем как вредные, так и опасные производственные факторы, что обеспечивает возможность более эффективного планирования всех видов деятельности, направленных на снижение профессионального риска.

5. Предложен способ определения оптимальных сроков реализации мероприятий по снижению профессионального риска, обеспечивающий минимальное значение коллективной дозы воздействия ОВПФ.

6. Разработано программное обеспечение для реализации метода расчета программы снижения профессионального риска.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

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

1. Бондарь Е.А. Оптимальный подход к выбору систем освещения
/Е.А.Бондарь //Безопасность жизнедеятельности. 2006. - № 11. –0,3 пл

Публикации во всероссийских, региональных и ведомственных научных журналах и изданиях

2. Бондарь Е.А. Решение оптимизационной задачи планирования повышения безопасности производственной среды методом динамического программирования/Е.А.Бондарь// Инновации в науке и образовании -2005:

- международная науч.конф., посвящ. 75-летию основания КГТУ и 750-летию Кенигсберга – Калининграда (19-21 окт.): труды: в 2 ч./КГТУ. – Калининград. 2005. — 0,3 п.л.
3. Бондарь Е.А. Зависимость «эффект – затраты» при нормализации освещения/Е.А.Бондарь//Труды IV международной научной конференции «Инновации в науке и образовании -2006».Часть 1. – Калининград: Издательство КГТУ. 2006. – 0,1 п.л.
 4. Бондарь Е.А. Нелинейные задачи в управлении охраной труда /Е.А.Бондарь //Труды IV международной научной конференции «Инновации в науке и образовании -2006». Часть 1. - Калининград: Издательство КГТУ. 2006. – 0,2 п.л.
 5. Бондарь Е.А. Оптимальное планирование мероприятий по повышению безопасности производственной среды /Е.А.Бондарь // Известия КГТУ. – Калининград: Издательство КГТУ. 2006. - № 9.– 0,3 п.л.
 6. Бондарь Е.А. Пути усовершенствования оптимального планирования мероприятий по повышению безопасности производственной среды/Е.А.Бондарь//Тезисы докладов на Всероссийской конференции по проблемным вопросам охраны труда. – М.:ФГУ «ВЦОТ» Росздрава. 2006. – 0,1 п.л.
 7. Бондарь Е.А. О проблеме определения критериев для оптимизации рисков/Е.А.Бондарь // Труды V международной научной конференции «Инновации в науке и образовании -2007». – Калининград: Издательство КГТУ. 2007.– 0,2 п.л.
 8. Бондарь Е.А. О применении методов анализа профессиональных рисков на предприятиях нефтегазовой отрасли. /Е.А.Бондарь // Проблемы безопасности и гигиены труда на современном этапе. Сборник научных трудов. Второй выпуск. – Калининград: Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ». 2008.– 0,4 п.л.

9. Бондарь Е.А. Анализ условий труда на предприятиях нефтегазовой отрасли Калининградской области. /Е.А.Бондарь // Проблемы безопасности и гигиены труда на современном этапе. Сборник научных трудов. Второй выпуск. – Калининград: Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ». 2008. – 0,2 п.л.
10. Бондарь Е.А. Методы анализа профессиональных рисков на предприятиях нефтегазовой отрасли /Е.А.Бондарь // Материалы международных научных чтений «Белые ночи – 2008». Часть 1. – СПб: Издательство МАНЭБ. 2008. – 0,3 п.л.
11. Бондарь Е.А. Динамическое программирование в задачах снижения профессиональных рисков/Е.А.Бондарь // Сборник материалов «Актуальные проблемы охраны труда XXI века». – Калининград: Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ». 2008. – 0,8 п.л.
12. Минько В.М., Бондарь Е.А. Обобщенный подход к планированию снижения профессиональных рисков/В.М. Минько, Е.А. Бондарь//Безопасность труда в промышленности. 2009. - №2. – 0,4 п.л./0,2 п.л.

Подписано в печать 05.05.09г.

Формат 60x84 ¹/₁₆

Печать цифровая

Объем 1,0 п.л.

Тираж 100 экз.

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России

196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149

24