

На правах рукописи



ФИЛИППОВ Александр Николаевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ОСНОВЕ
МЕТОДИКИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

Специальность 2.10.3 – «Безопасность труда»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Челябинск – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» на кафедре «Безопасность жизнедеятельности».

Научный руководитель –

Богданов Андрей Владимирович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет).

Официальные оппоненты:

Черный Константин Анатольевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности», ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ФГАОУ, ВО «ПНИПУ»), г. Пермь.

Закирова Альфия Резавановна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС), г. Екатеринбург.

Ведущая организация –

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва.

Защита состоится 17 июня 2024 г., в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.437.14 при ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по адресу: г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ауд. 1007.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» и на официальном сайте ЮУрГУ по адресу: <https://www.susu.ru/ru/dissertation/24243714/filippov-aleksandr-nikolaevich>

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направлять по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, д. 76, гл. корпус, Учёный совет ЮУрГУ, тел./факс: +7 (351)-272-30-30, доб. 7, e-mail: grigorevma@susu.ru

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.437.14
д-р техн. наук. профессор



М.А. Григорьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Безопасность труда непосредственно связана с наличием вредных и опасных факторов на рабочих местах, которые наносят ущерб здоровью людей, а в некоторых случаях приводят к профессиональным заболеваниям и летальному исходу. Поэтому задача улучшения условий труда является актуальной.

Выделение средств на мероприятия по улучшению условий труда ввиду их ограниченности должно иметь адресный характер. В первую очередь данные мероприятия необходимо внедрять в тех структурных подразделениях организаций, где наблюдаются наиболее неблагоприятные условия труда. Поэтому целесообразно проводить соответствующий мониторинг, позволяющий оценивать условия труда, желательно на постоянной основе.

Существующие показатели не всегда позволяют объективно и оперативно оценить условия труда. Так, показатели частоты и тяжести травматизма учитывают влияние на работников лишь опасных факторов, имеющих место на производстве. При этом не принимается во внимание воздействие вредных факторов, также приводящих к производственно обусловленной заболеваемости. Класс условий труда, определяемый при проведении специальной оценки, напротив, не учитывает травмоопасные факторы. Поэтому данные показатели не оценивают весь спектр действующих на работников факторов. При этом специальная оценка в организациях проводится, как правило, не чаще одного раза в 5 лет, что не позволяет оперативно отслеживать изменения условий труда.

В настоящее время широкое распространение получили показатели риска. Так, для оценки безопасности труда работников используется показатель профессионального риска. В статье 209 Трудового кодекса Российской Федерации профессиональный риск определяется как вероятность причинения вреда жизни и (или) здоровью работника в результате воздействия на него вредного и (или) опасного производственного фактора при исполнении им своей трудовой функции с учетом возможной тяжести повреждения здоровья.

Существуют различные методы оценки показателей риска, но многие из них достаточно субъективны. Некоторые из них учитывают факторы, не имеющие прямого отношения к условиям труда. Уровни риска на одном и том же рабочем месте, рассчитанные по разным методикам, могут отличаться на порядок. Также не учитывается суммарное влияние вредных и опасных производственных факторов на организм человека.

Оценить суммарное влияние вредных и опасных факторов на работников возможно с помощью методики интегральной оценки условий труда на основе норматива потерь рабочего времени от заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Поэтому исследования, направленные на определение профессионального риска с применением данной методики, являются важной научной задачей.

Степень разработанности темы исследования.

Данная работа основывается на исследованиях, связанных с оценкой условий труда. Это работы таких учёных, как Багров А. А., Макушин В. Г., Семёнов Д.А., Горшков Ю. Г., Богданов А.В. и др. Ими был внесён большой вклад в

разработку оценочных методов, в том числе на основе методики интегральной оценки условий труда.

Цель и задачи исследования. Определение профессионального риска в электроэнергетической отрасли с использованием методики интегральной оценки условий труда на основе норматива потерь рабочего времени от заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Обосновать категории профессионального риска в зависимости от значения показателя профессионального риска, учитывающего вероятность причинения вреда здоровью работников вредными и (или) опасными производственными факторами.

2. Разработать математическую модель для определения категорий профессионального риска в зависимости от производственно обусловленной заболеваемости на основе методики интегральной оценки.

3. Разработать программное обеспечение для определения категорий профессионального риска на основе полученной математической модели.

4. Провести апробацию предлагаемой оценки профессионального риска на предприятии электроэнергетической отрасли и дать экономическую оценку определения профессионального риска.

Объект исследования – процесс определения профессионального риска по методике интегральной оценки условий труда.

Предмет исследования – закономерности влияния производственно обусловленной заболеваемости, включая производственный травматизм, на категории профессионального риска.

Научная новизна:

- обоснованы категории профессионального риска в зависимости от значения показателя профессионального риска, учитывающего вероятность причинения вреда здоровью работников вредными и (или) опасными производственными факторами;
- на основе анализа эмпирических данных, полученных с предприятия электроэнергетики, с применением специально разработанного программного обеспечения, найдена зависимость показателя профессионального риска от величины сверхнормативной (производственно обусловленной) нетрудоспособности;
- впервые получена математическая модель для определения категорий профессионального риска в зависимости от производственно обусловленной заболеваемости на основе методики интегральной оценки.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Предложенная методика позволяет определять категории профессионального риска с учётом совокупного влияния всех производственных факторов на работников организаций с любым видом экономической деятельности;

2. Программное обеспечение, разработанное на основе полученной математической модели (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

№2022667960), снижает трудоёмкость процесса проведения оценки профессионального риска;

3. Программное обеспечение может использоваться любыми организациями, в том числе занимающимися оценкой условий труда и профессионального риска работников;

4. Результаты определения профессионального риска по методике интегральной оценки применяются в филиале ОАО «МРСК Урала» — «Челябэнерго» для улучшения условий труда работников;

5. Результаты исследований используются в учебном процессе на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета) при изучении дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» и «Безопасность труда».

Методология и методы диссертационного исследования. В исследовании применялись: логика научных исследований, методы статистической обработки эмпирических данных, методы математического моделирования, методы оценки условий труда. Все вычисления проводились с использованием программного обеспечения, в том числе специально разработанного.

На защиту выносятся:

- обоснование категорий профессионального риска в зависимости от значения показателя профессионального риска, учитывающего вероятность причинения вреда здоровью работников вредными и (или) опасными производственными факторами;
- зависимость показателя профессионального риска от величины сверхнормативной (производственно обусловленной) нетрудоспособности, найденная на основе анализа эмпирических данных, полученных с предприятия электроэнергетики, с применением специально разработанного программного обеспечения;
- математическая модель для определения категорий профессионального риска в зависимости от производственно обусловленной заболеваемости на основе методики интегральной оценки.

Реализация основных результатов диссертационной работы

Результаты определения профессионального риска по методике интегральной оценки внедрены в филиале ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго» для улучшения условий труда работников;

Результаты исследований используются в учебном процессе на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета) при изучении дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» и «Безопасность труда».

Степень достоверности научных положений и результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата, а также совпадением в пределах погрешности теоретических исследований с эмпирическими данными, полученными в результате расчётов.

Апробация результатов. Основные материалы и результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили одобрение на: VI Всероссийской студенческой конференции (с международным участием) Безопас-

ность жизнедеятельности глазами молодежи, 22–23 апреля 2021 года, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет); Всероссийской конференции Охрана труда в организациях, подведомственных Минобрнауки России, Санкт-Петербург, 08–09 сентября 2022 года, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого" VII Всероссийской студенческой конференции (с международным участием) Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи, 20–21 апреля 2021 года, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тема соответствует п.4 паспорта научной специальности 2.10.3 – Безопасность труда: «Развитие методологии управления профессиональными рисками, обоснование критериев и социально приемлемых уровней риска, разработка методов оценки и способов снижения профессионального риска на объектах».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 2 статьи в периодических изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, (для спец. 2.10.3), 2 публикации, индексируемые в базе Scopus, 1 – в прочих изданиях, 4 – в материалах конференций и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа представлена на 144 страницах, содержит 135 страниц основного текста, 32 рисунка, 27 таблиц и 6 приложений на 8 страницах, 102 наименования библиографического списка, включая 7 наименований иностранных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлены актуальность темы, цель, задачи и методы исследования, объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, а также сведения о степени достоверности и апробации результатов исследования.

В первой главе даётся анализ травматизма и профессиональных заболеваний за последние 10 лет, который показал, что в организациях Российской Федерации имеется общая тенденция к снижению показателей травматизма и профзаболеваемости, хотя эти показатели остаются достаточно высокими. Аналогичная ситуация наблюдается в электроэнергетической отрасли. Снижение уровней профзаболеваемости и травматизма возможно за счёт эффективных мероприятий по оздоровлению производственной среды на основе объективной оценки состояния условий труда. Далее рассматриваются существующие показатели для оценки условий труда, а также методы оценки профессионального риска (профриска). Анализ показал, что имеющиеся методы и зависимости для определения уровней риска в рамках риск-ориентированного подхода не в полной мере учитывают наносимый вред здоровью работников от действия неблагоприятных факторов при исполнении ими трудовых обязанностей и, следовательно, не могут полноценно охарактеризовать профессиональный риск. Неко-

торые методы не имеют количественных показателей, что не позволяет достоверно оценить профессиональный риск работников и его последующее изменение, а также сравнить профессиональный риск в разных структурных подразделениях организации. Большинство методов опирается на экспертную оценку, что вносит субъективность в оценочные показатели.

Поэтому для повышения достоверности оценки профессионального риска требуется разработка новых методов, отражающих совокупное влияние на трудящихся неблагоприятных факторов на рабочих местах.

Во второй главе рассмотрены теоретические предпосылки к определению профриска, которые можно оценить с помощью методики интегральной оценки условий труда на основе норматива потерь рабочего времени от заболеваемости с временной утратой трудоспособности (далее интегральная методика). Это связано с тем, что методика дает возможность выделять производственно обусловленную заболеваемость из общей заболеваемости работников. Связанная с производством заболеваемость как раз и вызвана действием на организм человека вредных и опасных производственных факторов.

Для оценки профриска были предложены категории профессионального риска. За основу были приняты категории потенциального риска, представленные в действующих нормативных документах. Всего предложено пять категорий, которые характеризуют уровень риска как высокий, значительный, средний, умеренный и низкий (таблица 1). В таблице 1 также приведена периодичность проверок организаций надзорными органами.

Таблица 1 – Категории профессионального риска и периодичность проведения плановых проверок

Категории профессионального риска	Периодичность проведения плановых проверок по охране труда
Высокий	1 раз в 2 года
Значительный	1 раз в 3 года
Средний	Не чаще чем 1 раз в 5 лет
Умеренный	Не чаще чем 1 раз в 6 лет
Низкий	Плановые проверки не проводятся

С помощью функции (1) можно определить категории профессионального риска KP :

$$KP = f(R_{np}), \quad (1)$$

где R_{np} – показатель профессионального риска, учитывающий причинение вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником трудовых обязанностей.

Показатель профессионального риска, являющийся аргументом функции (1), найдётся на основе интегральной методики. Его можно представить как значение функции от производственно обусловленной заболеваемости (нетрудоспособности):

$$R_{пр} = f(BUT_{сн}), \quad (2)$$

где $BUT_{сн}$ – сверхнормативная (производственно обусловленная) утрата трудоспособности, дней/год.

Так как категории профессионального риска, по сути, отражают вероятность причинения вреда здоровью неблагоприятными производственными факторами, то, как положено в теории вероятностей, показатель $R_{пр}$ примем изменяющимся от 0 до 1.

В формуле (2) величина $BUT_{сн}$ определяется как:

$$BUT_{сн} = BUT_{ф} - BUT_{н}, \quad (3)$$

где $BUT_{ф}$ – фактическая утрата трудоспособности работника, дней/год;

$BUT_{н}$ – нормативная (не связанная с производством) утрата трудоспособности, дней/год.

$BUT_{н}$ рассчитывается по справочнику нормативных потерь рабочего времени от заболеваемости с временной утратой трудоспособности на основе следующих социально-демографических характеристик трудящихся, доступных в отделе кадров любой организации: пол, возраст, образование, стаж работы, семейное положение, количество детей, количество детей до 14-ти лет.

$BUT_{ф}$ найдётся из больничных листов работников (листов нетрудоспособности).

$BUT_{сн}$ для группы людей рассчитывается в среднем на одного работника.

Далее, по значению $BUT_{сн}$ определяется показатель профессионального риска $R_{пр}$, который может быть рассчитан индивидуально для каждого работника, структурного подразделения и организации в целом.

Таким образом, оценка профессионального риска с использованием интегральной методики подходит для организаций с любым видом экономической деятельности. Кроме того, она обладает высокой достоверностью, поскольку учитывает весь комплекс производственных факторов через реакцию организма работников на эти факторы, что выражается через величину $BUT_{сн}$, которая переводится в показатель $R_{пр}$, и далее – в категории профессионального риска КР. Поэтому категории риска учитывают абсолютно все производственные факторы, в том числе и приводящие к травматизму. Необходимо отметить, что снижению $BUT_{сн}$ способствуют средства индивидуальной защиты (СИЗ), уменьшающие влияние производственных факторов на человека. Поэтому, использование СИЗ учитывается при оценке профессионального риска на основе интегральной методики.

В связи с этим, предлагаемые категории профессионального риска характеризуют условия труда работников и соответствуют определению профессионального риска, указанному в ст. 209 Трудового кодекса Российской Федерации.

Низкий профессиональный риск будет наблюдаться при показателе $R_{пр} = 0$, когда в общем случае отсутствует вредное и (или) опасное влияние на человека производственных факторов отсутствует. То есть не наблюдается производственно обусловленная заболеваемость, вызванная этими факторами, что соответствует значениям $BUT_{сн} \leq 0$.

Исходя из этого, будем считать, что показатель профессионального риска $R_{пр} = 0$ при $ВУТ_{сн} \leq 0$, что соответствует низкому профессиональному риску (таблица 1). Более высокие категории риска (умеренный, средний, значительный, высокий) будут наблюдаться при $R_{пр} > 0$, когда $ВУТ_{сн} > 0$. Исходя из этого и формулы (2), можно записать:

$$R_{пр} = \begin{cases} r(ВУТ_{сн}), & \text{если } ВУТ_{сн} > 0 \\ 0, & \text{если } ВУТ_{сн} \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Высокий профессиональный риск будет наблюдаться тогда, когда воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов может наносить организму работников существенный вред, вызывая высокую производственно обусловленную заболеваемость (временную утрату трудоспособности $ВУТ_{сн}$). В ранее проведённых исследованиях было определено, что четвёртый класс условий труда наблюдался при $ВУТ_{сн} > 25,75$ дней/год. Учитывая, что четвёртый класс характеризует опасные (экстремальные) условия труда, которые, по сути, соответствуют высокому профессиональному риску, можно определить, что при $ВУТ_{сн} > 25,75$ будет наблюдаться высокий профессиональный риск (таблица 1). Поэтому $ВУТ_{сн} = 25,75$ можно принять за верхнюю границу значительного риска. Остальные категории профессионального риска (умеренный, средний, значительный) можно равномерно распределить на отрезке значений $R_{пр} \in (0; r(25,75)]$, то есть их границы будут заданы с некоторым шагом h . С учётом этого, выражений (4) и (1), категории профессионального риска КР найдутся:

$$КР = \begin{cases} \text{Низкий риск, если } R_{пр} = 0; \\ \text{Умеренный риск, если } 0 < R_{пр} \leq h; \\ \text{Средний риск, если } h < R_{пр} \leq 2h; \\ \text{Значительный риск, если } 2h < R_{пр} \leq r(25,75); \\ \text{Высокий риск, если } r(25,75) < R_{пр} < 1, \end{cases} \quad (5)$$

где h – шаг для задания границ категорий умеренного, среднего и значительного профессиональных рисков.

В свою очередь, шаг h найдётся как:

$$h = \frac{r(25,75)}{3} \quad (6)$$

Таким образом, полученные выражения (4) и (5) позволяют определять категории профессионального риска в зависимости от $ВУТ_{сн}$, которая является разностью между фактической и нормативной утратами трудоспособности. При этом уровень фактической утраты трудоспособности изменяется из года в год. Поэтому для более точной оценки профессионального риска необходимо учесть данные изменения с использованием коэффициентов:

$$ВУТ_{сн} = k_3 k_{п} ВУТ_{ф} - ВУТ_{н}, \quad (7)$$

где k_3 – коэффициент, учитывающий изменение ЗВУТ с 2010 по 2019 год;

$k_{п}$ – коэффициент, учитывающий изменение ЗВУТ с 2019 года, вызванное, в том числе, COVID-19.

Также в главе приведены дополнительные показатели, необходимые для планирования улучшения условий труда в структурных подразделениях с категорией риска выше низкого.

Третья глава посвящена разработке математической модели определения категорий профессионального риска и программного обеспечения. Приводятся требования к программному обеспечению, особенностью которого является возможность формирования неполного отчёта, содержащего лишь значения сверхнормативной потери трудоспособности, что необходимо для уточнения вида функции r в системе (4).

Приведены требования к формату данных, предоставляемых организацией. Описана структура базы данных справочника нормативной утраты трудоспособности и базы данных для хранения информации о работниках. Рассмотрены модули разработанного программного обеспечения, их взаимодействие и предназначение, а также особенности применения программного обеспечения.

Для нахождения показателя профессионального риска $R_{пр}$ по выражению (4) необходимо определить вид функции $r(VУТ_{сн})$. Функция $r(VУТ_{сн})$ должна отражать зависимость вероятности причинения вреда здоровью работника от величины $VУТ_{сн}$. В теории вероятностей, функция распределения случайной величины – это вероятность того, что случайная величина X примет значение, меньшее либо равное некоему заданному действительному числу x . Значение функции распределения величины $VУТ_{сн}$ можно интерпретировать как вероятность того, что сверхнормативная заболеваемость не превысит некоего заданного порога. Таким образом, в качестве функции r можно взять функцию распределения положительных значений величины $VУТ_{сн}$.

Для определения функции распределения требуется достаточно большая выборка положительных значений $VУТ_{сн}$. Для получения этой выборки были проведены работы по сбору соответствующей информации по работникам ОАО «МРСК Урала» — «Челябэнерго» с охватом около 5000 человек. С помощью разработанного программного обеспечения получены эмпирические значения $VУТ_{сн}$. Для определения функции распределения была использована выборка положительных значений $VУТ_{сн}$ размером $n = 2273$. Анализ проводился с использованием языка программирования Python и библиотеки Numpy.

Были построены гистограммы эмпирической функции плотности вероятности и эмпирической функции распределения (рисунок 1).

По виду построенных гистограмм можно предположить, что величины $VУТ_{сн}$ распределены по экспоненциальному (показательному) закону.

Функция распределения для экспоненциального распределения случайной величины:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (8)$$

где λ — параметр экспоненциального распределения.

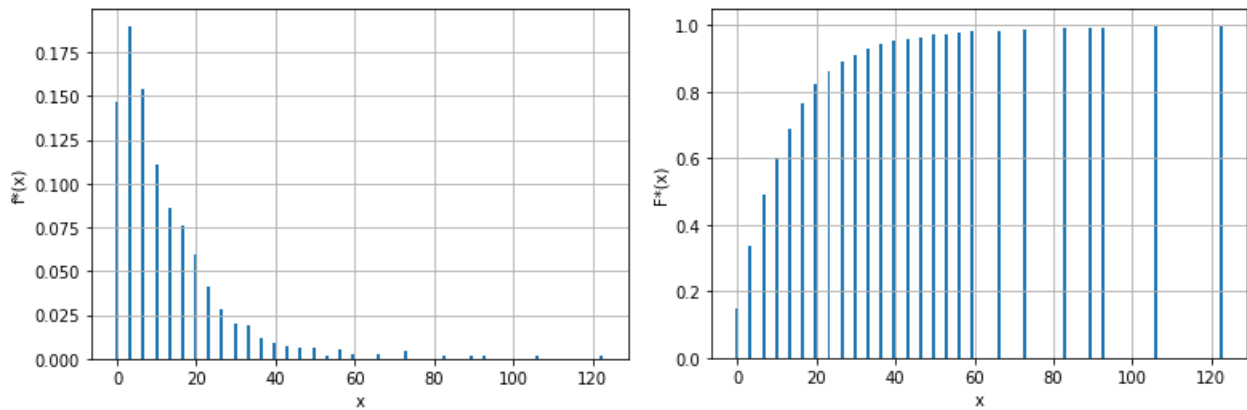


Рисунок 1 — Эмпирическая функция плотности вероятности (слева) и эмпирическая функция распределения (справа)

Функция распределения для экспоненциального распределения случайной величины:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (8)$$

где λ — параметр экспоненциального распределения.

На основе принятой выборки $BUT_{сн}$ несмещённая оценка математического ожидания $\bar{x}_b \approx 14,484$, следовательно $\lambda = \frac{1}{\bar{x}_b} \approx 0,069$. Несмещённая оценка дисперсии для выборки $\overline{S}_b^2 \approx 229,766$. Дисперсия показательного распределения $D \approx 210,04$.

В экспоненциальном распределении математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение равны между собой. Для выборки среднеквадратичное отклонение $\sigma \approx 15,158$. Нетрудно заметить, что значения \bar{x}_b и σ примерно равны. Это также позволяет предположить, что распределение является экспоненциальным. Доверительный интервал для параметра показательного распределения λ при уровне надёжности 0,95 равен: $0,066 < \lambda < 0,072$.

Округляя найденное значение $\lambda \approx 0,069$ до двух знаков после запятой, получим $\lambda = 0,07$, которое также входит в доверительный интервал. С учётом значения $\lambda = 0,07$ и выражения (8), функция $r(BUT_{сн})$ в системе (4) примет вид:

$$r(BUT_{сн}) = 1 - e^{-0.07 \cdot BUT_{сн}} \quad (9)$$

График, построенный по выражению (9), представлен на рисунке 2.

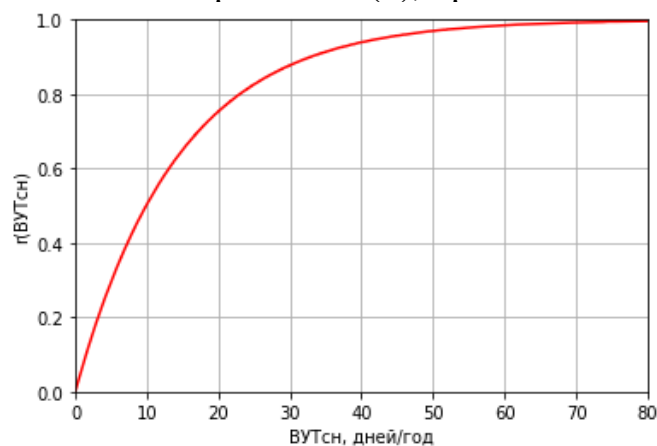


Рисунок 2 – График функции $r(BUT_{сн})$

Формула (4) с учётом выражения (9) примет следующий вид:

$$R_{np} = \begin{cases} 1 - e^{-0.07 \cdot BУT_{сн}}, & \text{если } BУT_{сн} \geq 0 \\ 0, & \text{если } BУT_{сн} < 0 \end{cases} \quad (10)$$

Как видно из графика (рисунок 2), показатель профессионального риска возрастает с увеличением $BУT_{сн}$. Это логично, так как повышение воздействия вредных и опасных факторов на организм трудящихся приводит к увеличению производственно обусловленной заболеваемости, а значит и к повышению профессионального риска работников.

Проверка адекватности зависимости (10) проводилась путём сравнения её значений со значениями эмпирической функции распределения. Средняя ошибка аппроксимации $A \approx 10\%$, что является низким значением при решении подобных задач. Коэффициент детерминации $R^2 \approx 0.987$, что подтверждает адекватность теоретической зависимости (10).

С учётом полученной зависимости (9) можно уточнить вид зависимости (5) для определения категорий профессионального риска КР. Для этого по формуле (9) найдено значение $r(25,75) \approx 0,835114$. Примем $r(25,75) = 0,84$. Тогда согласно формуле (6) шаг $h = 0,28$.

Подставляя полученное значение h в зависимость (5), окончательно получим систему для расчёта категорий профессионального риска:

$$КР = \begin{cases} \text{Низкий риск, если } R_{np} = 0; \\ \text{Умеренный риск, если } 0 < R_{np} \leq 0,28; \\ \text{Средний риск, если } 0,28 < R_{np} \leq 0,56; \\ \text{Значительный риск, если } 0,56 < R_{np} \leq 0,84; \\ \text{Высокий риск, если } 0,84 < R_{np} < 1. \end{cases} \quad (11)$$

С учётом системы (11) таблица 1 примет следующий вид (таблица 2). Из таблицы 2 видно, что категории профессионального риска и периодичность проведения плановых проверок, зависят от значений показателя R_{np} , которые можно рассчитать по формуле (10).

Таблица 2 – Зависимость категорий профессионального риска от показателя R_{np}

Категории профессионального риска	Значение показателя профессионального риска R_{np}	Периодичность проведения плановых проверок по охране труда
Высокий	$0,84 < R_{np} < 1$	1 раз в 2 года
Значительный	$0,56 < R_{np} \leq 0,84$	1 раз в 3 года
Средний	$0,28 < R_{np} \leq 0,56$	Не чаще чем 1 раз в 5 лет
Умеренный	$0 < R_{np} \leq 0,28$	Не чаще чем 1 раз в 6 лет
Низкий	$R_{np} = 0$	Плановые проверки не проводятся

Объединив формулы (10), (11) и (7) получим математическую модель для определения категорий профессионального риска, использующую интегральную методику:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 \text{ВУТ}_{\text{сн}} = k_3 k_n \text{ВУТ}_{\text{ф}} - \text{ВУТ}_{\text{н}}, \\
 R_{\text{нр}} = \begin{cases} 1 - e^{-0.07 \cdot \text{ВУТ}_{\text{сн}}}, & \text{если } \text{ВУТ}_{\text{сн}} \geq 0 \\
 0, & \text{если } \text{ВУТ}_{\text{сн}} < 0 \end{cases}
 \end{array} \\
 \text{КР} = \begin{cases}
 \text{Низкий риск, если } R_{\text{нр}} = 0; \\
 \text{Умеренный риск, если } 0 < R_{\text{нр}} \leq 0,28; \\
 \text{Средний риск, если } 0,28 < R_{\text{нр}} \leq 0,56; \\
 \text{Значительный риск, если } 0,56 < R_{\text{нр}} \leq 0,84; \\
 \text{Высокий риск, если } 0,84 < R_{\text{нр}} < 1.
 \end{cases}
 \end{array} \right. \quad (12)$$

Посредством разработанной математической модели (12) можно рассчитывать категории профессионального риска в зависимости от фактической ВУТ_ф и нормативной ВУТ_н утраты трудоспособности работников. Математическая модель (12) также позволила внести изменения в программное обеспечение. Причем математическую модель и программное обеспечение возможно использовать как для организаций энергетической отрасли, так и для других предприятий.

В четвертой главе приводятся результаты определения профессионального риска в филиале ОАО «МРСК Урала» — «Челябэнерго», который относится к организациям электроэнергетики. Работники данной организации заняты на рабочих местах, которые можно подразделить на стационарные и нестационарные. Последние характеризуются перемещением работников в течение рабочей смены при выполнении возложенных на них задач. Это прежде всего характерно для профессий, связанных с обслуживанием линий электропередач и др. Разработанная методика позволит объективно оценить профессиональный риск работников, в том числе и в структурных подразделениях, где имеются нестационарные рабочие места.

Данные о работниках (социально-демографические показатели и информация о временной нетрудоспособности с больничных листов) были собраны за 2020 год. На момент сбора информации работало около 5000 человек. При этом работники, проработавшие в организации менее одного года, а также беременные женщины, были исключены из расчетов.

После проведения расчетов программное обеспечение сформировало отчет, в котором установлено, что в целом в филиале ОАО «МРСК Урала» — «Челябэнерго» наблюдается умеренный профессиональный риск (таблица 3). Это хороший результат для производственной организации. В таблице 3 также приведена дополнительная информация отдельно для мужчин и женщин. Из неё видно, что мужчины имеют средний уровень риска, а женщины – низкий.

Таблица 3 – Расчёт для организации в целом

Контингент работников	Средняя утрата трудоспособности, дней/год			Показатель риска	Риск
	Нормативная	Фактическая	Сверхнормативная		
Все работники	4,43	8,83	4,64	0,28	Умеренный
Мужчины	2,99	9,04	6,29	0,36	Средний
Женщины	8,93	8,18	-0,53	0	Низкий

Все случаи временной утраты трудоспособности были разделены на условные группы по характеру нетрудоспособности (таблица 4). Это нетрудоспособность, вызванная заболеваниями работников, несчастными случаями на производстве и несчастными случаями, не связанными с производством, а также уходом за детьми (или другими больными).

Таблица 4 – Нетрудоспособность работников организации

Контингент работников	Заболевания, %	Несчастные случаи, не связанные с производством, %	Несчастные случаи на производстве, %	Уход за детьми, %
Все работники	86,28	6,24	0,06	7,42
Мужчины	89,55	7,29	0,08	3,07
Женщины	76,39	3,07	0	20,55

Так, 86,28% дней нетрудоспособности (таблица 4) вызваны заболеваниями работников. Уход за детьми составляет 7,42%. Бытовые несчастные случаи занимают 6,24%, производственный травматизм составляет всего 0,06%.

Несмотря на то, что в целом по организации наблюдается относительно невысокий профессиональный риск (таблица 3), средняя сверхнормативная утрата трудоспособности работников (производственно обусловленная заболеваемость), связанная с неблагоприятными условиями труда, обуславливает общие потери рабочего времени — 21413,6 дней/год. Расчёты также показали, что после улучшения условий труда возможно высвобождение более 96 работников. При этом прирост производительности труда составит примерно 2,13 %.

Кроме расчетов по организации в целом проведены аналогичные расчеты по ее производственным отделениям (ПО) и структурным подразделениям (СП) каждого отделения. При расчетах по СП в отчёте дополнительно приводится информация о работниках с повышенным профессиональным риском (средним, значительным и высоким). В целях конфиденциальности названия ПО и их СП обозначены цифрами.

На рисунке 3 показана сравнительная диаграмма профессионального риска работников филиала ОАО «МРСК Урала» — «Челябэнерго» и работников его ПО. Как видно из диаграммы, в ПО 1 наблюдается низкий профессиональный риск, в ПО 4 и ПО 5 — умеренный, в ПО 2, ПО 3 и ПО 6 — средний. Производственные отделения со значительным и высоким профессиональным риском отсутствуют.

В целом по структурным подразделениям филиала ОАО «МРСК Урала» — «Челябэнерго» наблюдается следующая картина. Работники 3 СП имеют высокую, 7 СП – значительную, 52 – среднюю, 61 – умеренную, 51 – низкую категории профессионального риска. В процентном отношении низкий риск наблюдается в 29% структурных подразделений. На остальные риски приходится 71%, причём структурные подразделения со значительным и высоким риском составляют, соответственно, 4% и 2%.

На рисунке 4 для примера показана сравнительная диаграмма по структурным подразделениям производственного отделения ПО 5.

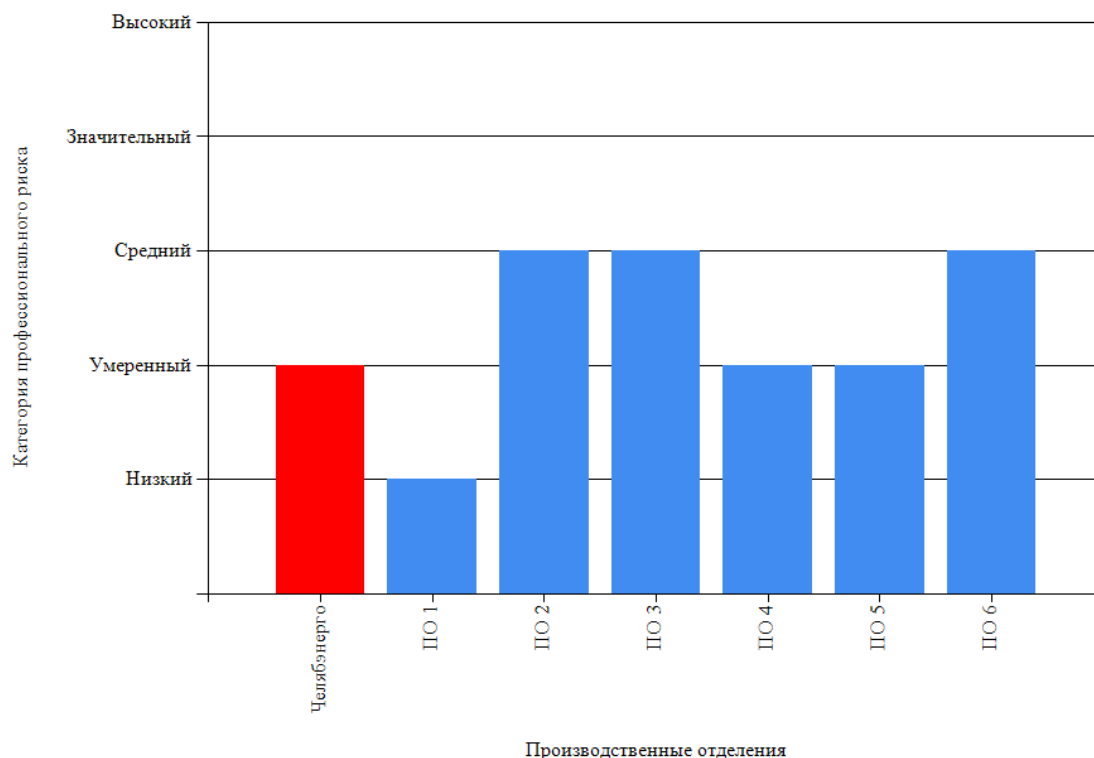


Рисунок 3 – Сравнение профессионального риска работников ОАО «МРСК Урала» - «Челябэнерго» в целом и его производственных отделений (ПО)

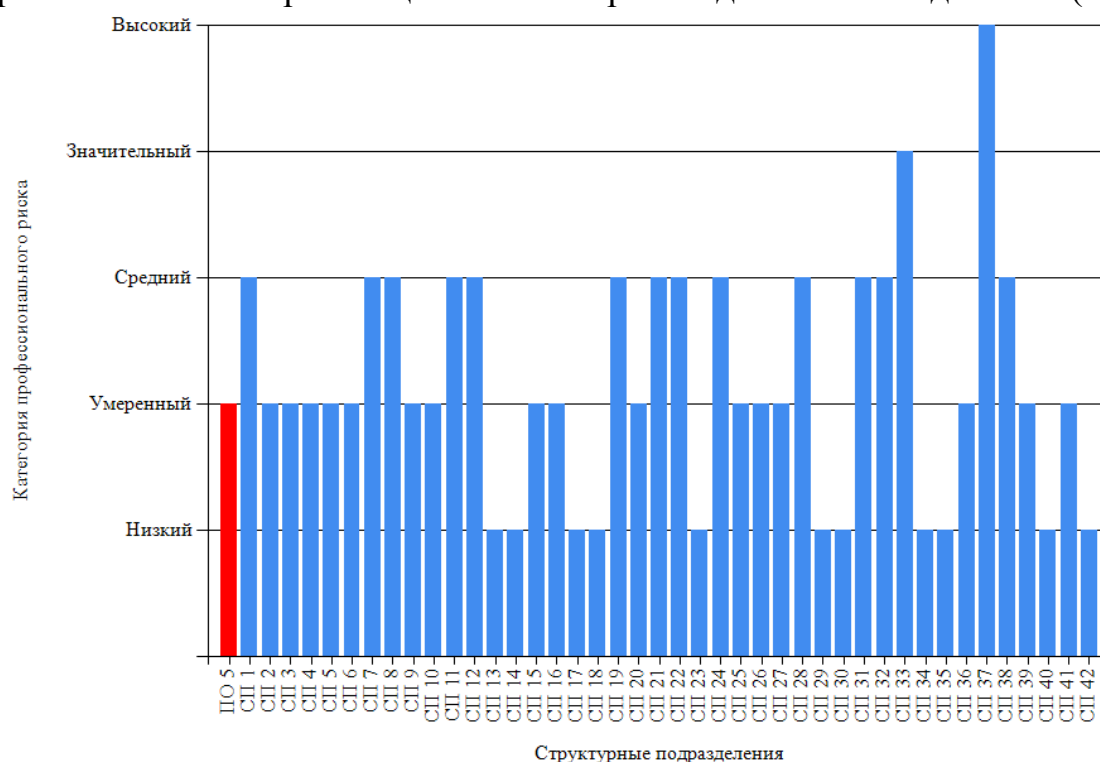


Рисунок 4 – Сравнение профессионального риска работников производственного отделения 5 (ПО 5) и его структурных подразделений (СП)

В четвёртой главе также приведены различные рекомендации по применению полученных результатов оценки профессионального риска. Кроме того, полученные результаты сопоставлялись с результатами специальной оценки условий труда.

Если принять, что второй класс условий труда (безопасные или допустимые условия труда) соотносится с низкой категорией профессионального риска, а третий класс условий труда первой степени соотносится с умеренной и со средней категориями риска, то процент совпадения составляет 92,9%. Это также подтверждает, что предлагаемая оценка профессионального риска отражает реальную картину условий труда.

В пятой главе проведена экономическая оценка определения профессионального риска, которая показала, что стоимость проведения оценки профессионального риска по предлагаемой методике в 4 раза ниже по сравнению с традиционными методами, в частности, с методом Файна-Кинни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе приведено новое решение научной задачи определения профессионального риска с учётом всех производственных факторов, заключающееся в применении методики интегральной оценки условий труда на основе норматива потерь рабочего времени от заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

На основании выполненных исследований получены следующие основные результаты и сделаны выводы:

1. Проведённый анализ существующих методов показал, что оценку профессионального риска целесообразно проводить с использованием методики интегральной оценки условий труда на основе норматива потерь рабочего времени от заболеваемости с временной утратой трудоспособности, позволяющей учитывать совокупное влияние всех производственных факторов на организм работников.

2. Предложены категории профессионального риска (низкий, умеренный, средний, значительный, высокий), которые зависят от показателя профессионального риска, определяемого на основе значений сверхнормативной (производственно обусловленной) утраты трудоспособности работников.

3. Разработано программное обеспечение для автоматизации расчёта категорий профессионального риска на основе норматива потерь рабочего времени от заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

4. Обработка информации по работникам ОАО «МРСК Урала» — «Челябэнерго» с охватом около 5000 человек с помощью разработанного программного обеспечения позволила получить выборку положительных значений сверхнормативной утраты трудоспособности, анализ которой показал, что положительные значения сверхнормативной утраты трудоспособности распределены по экспоненциальному закону. При этом найдено значение параметра экспоненциального распределения, равное 0,07 ($\lambda = 0,07$). Полученная функция распределения положительных значений сверхнормативной утраты трудоспособности была принята в качестве функции, описывающей зависимость показателя профессионального риска от величины сверхнормативной (производственно обусловленной) утраты трудоспособности. Подтверждена адекватность данной функции (средняя ошибка аппроксимации составляет около 10%, а коэффициент детерминации – 0,987).

5. Найденная функция показателя профессионального риска позволила впервые получить математическую модель для определения категорий профессионального риска с использованием методики интегральной оценки условий труда на основе норматива потерь рабочего времени от заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Полученная модель позволила внести изменения в программное обеспечение и получить его окончательную версию (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022667960).

6. Оценка профессионального риска в ОАО «МРСК Урала» – «Челябэнерго», проведенная по предлагаемой методике, показала, что в целом в организации наблюдается умеренный риск. При этом низкий риск в наблюдается в одном, умеренный – в двух, средний – в трёх производственных отделениях. В структурных подразделениях низкий риск составляет 29%, умеренный – 35%, средний – 30%, значительный – 4% и высокий риск – 2%. Подразделения со значительным и высоким риском требуют первоочередного улучшения условий труда. Для обоснования выделения средств на улучшение условий труда рассчитаны потери рабочего времени по организации – 21413,6 дней/год. Улучшение условий труда позволит высвободить около 96 работников, а прирост производительности труда составит примерно 2,13%. Даны рекомендации по использованию полученных результатов. Категории профессионального риска работников для большинства структурных подразделений не противоречат классам условий труда.

7. Установлено, что стоимость проведения оценки профессионального риска по предлагаемой методике в 4 раза ниже по сравнению с традиционными методами, в частности, с методом Файна-Кинни.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Публикации в периодических научных изданиях, включённых в перечень ВАК Минобрнауки РФ (для спец. 2.10.3):

1. Богданов, А. В. Экономическая оценка определения профессионального риска по методике интегральной оценки условий труда / А. В. Богданов, А. Н. Филиппов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2023. – Т. 12, № 3(63). – С. 112-115.

2. Богданов, А. В. Сопоставление результатов определения профессионального риска работников по методике интегральной оценки и специальной оценки условий труда / А. В. Богданов, А. Н. Филиппов, А. В. Млоток // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2023. – Т. 12, № 3(63). – С. 147-150.

Публикации в других периодических научных изданиях, включённых в систему цитирования Scopus:

3. Определение профессионального риска с помощью методики интегральной оценки условий труда / А. И. Сидоров, А. В. Богданов, Ю. В. Медведева, А. Н. Филиппов // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 3. – С. 88-93. – DOI 10.24000/0409-2961-2021-3-88-93.

4. Определение профессионального риска работников на предприятии электроэнергетики / А. И. Сидоров, А. В. Богданов, Ю. В. Медведева, **А. Н. Филиппов**, А.В. Млоток // Безопасность труда в промышленности. – 2022. – № 8. – С. 76-81. – DOI 10.24000/0409-2961-2022-8-76-81.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ:

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022667960 Российская Федерация. Программа для определения профессионального риска по методике интегральной оценки условий труда, версия 1.0: № 2022667532: заявл. 29.09.2022: опубл. 29.09.2022 / А. В. Богданов, **А. Н. Филиппов**; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет».

Другие научные публикации:

6. **Филиппов, А. Н.** Методы оценки профессионального риска / А. Н. Филиппов // Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи: сборник материалов VI Всероссийской студенческой конференции (с международным участием): в 2 т. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – Т. 1. – С. 129-131.

7. **Филиппов, А. Н.** Программное обеспечение для определения профессионального риска по методике интегральной оценки / А. Н. Филиппов // Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи: сборник материалов VI Всероссийской студенческой конференции (с международным участием): в 2 т. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – Т. 1. – С. 132-133.

8. Богданов, А. В. Оценка профессионального риска работников на основе интегральной методики / А. В. Богданов, **А. Н. Филиппов** // Охрана труда в организациях, подведомственных Минобрнауки России: сборник материалов Всероссийской конференции. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2022. – С. 50-55.

9. Богданов, А. В. Определение производственно обусловленной заболеваемости работников / А. В. Богданов, **А. Н. Филиппов**, Ю. В. Медведева // Техносферная безопасность: сборник научных трудов кафедры безопасности жизнедеятельности. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – С. 20-22.

10. Богданов, А. В. Учет заболеваемости работников при определении профессионального риска / А. В. Богданов, **А. Н. Филиппов** // Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой конференции (с международным участием). – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. – С. 268-272.

Работы [6,7] написаны автором единолично. В работах, написанных в соавторстве, автору принадлежит 70% от общего объёма научных публикаций, а именно: в работах [3,10] личный вклад автора состоит в систематизации и анализе материала; в работе [5] – в разработке программного обеспечения; в работах [4, 8] – в разработке математической модели, выполнении расчётов и анализе полученных результатов; в работах [1,2,9] – соответственно, в проведении

экономической оценки, в сравнительном анализе оценочных показателей условий труда и статистических данных заболеваемости.

Дальнейшее развитие результатов, полученных в диссертационной работе, предполагается в следующих направлениях:

- разработка системы для дистанционного (по сети Интернет) определения профессионального риска работников различных организаций;*
- совершенствование методики определения профессионального риска на основе накопленного опыта её применения.*

ФИЛИППОВ Александр Николаевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ОСНОВЕ
МЕТОДИКИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

Специальность 2.10.3 – «Безопасность труда»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать ____ .. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ ____.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.

454080, г. Челябинск, пр. им. Ленина, 76.