

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

На правах рукописи

Подпись аспиранта

ЛОГВИНОВА ЮЛИЯ ВАЛЕРЬЕВНА

ФИО аспиранта

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ
ДЛЯ РАБОЧИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

наименование темы научно-квалификационной работы (заглавными буквами)

20.06.01 Техносферная безопасность

отрасль науки (шифр и наименование научной специальности)

20.06.01_01 Охрана труда

наименование направленности (шифр и наименование направления)

Академическая степень **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Ефремов Сергей Владимирович

Санкт-Петербург, 2022

Научный доклад выполнен в Высшей школе техносферной безопасности Инженерно-строительного института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Ефремов Сергей Владимирович

Рецензент: кандидат технических наук, доцент
Олейников Алексей Юрьевич

С научным докладом можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и на сайте Электронной библиотеки СПбПУ по адресу: <http://elib.spbstu.ru>.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

С 2016г. В Российской Федерации внедряется риск-ориентированный подход. Риск-ориентированный подход представляет собой метод организации и осуществления государственного контроля (надзора), при котором осуществляется выбор интенсивности (формы, продолжительности, периодичности) проведения мероприятий по контролю, мероприятий по профилактике нарушения обязательных требований определяется отнесением деятельности юридического лица, индивидуального предпринимателя и (или) используемых ими при осуществлении такой деятельности производственных объектов к определенной категории риска либо определенному классу (категории) опасности. Отнесение к определенному классу (категории) опасности осуществляется органом государственного контроля (надзора) с учетом тяжести потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями обязательных требований, а к определенной категории риска - также с учетом оценки вероятности несоблюдения соответствующих обязательных требований.

На данный момент не существует единой типовой методики оценки профессиональных рисков, где был бы изложен единый методический аппарат и представлена типовая математическая модель для оценки уровня опасности профессиональной деятельности и определение по ней уровня опасности. Существует множество методов как количественных, так и качественных, как показывает практика, чаще всего применяются качественные методы оценки профессиональных рисков, т.к. они просты в работе и показывают результат, который может быть выгоден для руководителя предприятия.

В такой ситуации сильнее всего страдает строительная отрасль, где в основном, нестационарные рабочие места. Нестационарные рабочие места – это рабочие места с территориально меняющимися рабочими зонами. Уровень опасности напрямую зависит от климатических условий.

Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка методики оценки профессиональных рисков для рабочих строительных специальностей. Объектом исследования является профессиональная деятельность рабочих строительной специальности. Для достижения цели исследования нужно решить следующие задачи: разработать реестр опасностей для нестационарных рабочих мест строительной отрасли, уточнить математическую модель, разработать алгоритм методики и проверить работоспособность.

Научная новизна

В работе приведены разграниченные опасности для нестационарного рабочего места по 3 блока: производственная среда, производственный процесс и трудовой процесс. Уточнена математическая модель на основе психофизического закона Вебера-Фехнера. Разработаны 3 алгоритма для метода оценки производственной среды, производственного процесса и трудового процесса. На основе методики ВНИИ Труда выведен обобщенный уровень опасности трудовой деятельности рабочих строительной отрасли.

Апробация работы

1. Всероссийская конференция «Техносферная безопасность как комплексная научная и образовательная проблема» 4-6 октября 2018г.
2. Пятая международная научно-практическая конференция «Инфогео 2018. Стратегическое управление развитием территорий» 29-30 ноября 2018г.
3. Четвертая международная научная конференция «Арктика: история и современность» 17-18 апреля 2019 г.
4. Всероссийская конференция «Неделя науки ИСИ» 26-30 апреля 2021.

Публикации

Результаты исследования отражены в 11 статья, из них 3 работы в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Представление научного доклада. Основные положения:

1. Модель формирования исходных данных.
2. Модель обоснования реестра опасностей.

3. Система показателей и критериев для оценки профессиональных рисков на предприятиях строительной отрасли.
4. Уточнение математической модели.
5. Метод оценки производственной среды.
6. Метод оценки производственного процесса.
7. Метод оценки трудового процесса.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Структура исследования состоит из введения 3 глав и заключения. Первая глава посвящена существующим подходам и методам, которые применяются для оценки профессиональных рисков и выявлению недостатков в них. Вторая глава направлена на создание реестра опасностей для нестационарных мест рабочих строительной отрасли; уточнение математической модели; введение ограничений и допущений. Третья глава посвящена разработке 3 методов, при помощи которых создана единая методика оценки профессиональных рисков для рабочих строительной отрасли.

Во введении обоснована актуальность темы, сформированы цель и задачи исследования, представлены основные положения, выносимые на представление научного доклада.

В первой главе «Анализ существующих подходов и методов к оценки профессиональных рисков» отмечены важные изменения в нормативно-правовых документах в 2022 г. (табл. 1)

Таблица 1.

Изменения в нормативно-правовых документах в 2022г.

Охрана труда по ТК	Начнет действовать новый раздел 10 ТК по охране труда	Федеральный закон от 02.07.2021 №311-ФЗ
Безопасность рабочего места	Будут действовать требования к организации безопасного рабочего места	Приказ Минтруда от 29.10.2021 №774н
Охрана труда женщин	Начнут действовать предельно допустимые нормы нагрузок для женщин	Приказ Минтруда от 14.09.2021 №629н
Инструкции по охране труда	Будут действовать новые требования к порядку	Приказ Минтруда от 29.10.2021 №772н

	разработки и содержанию правил и инструкций по охране труда	
Комиссия по охране труда	Комиссия по охране труда будет выполнять новые обязанности	Приказ Минтруда от 22.09.2021 №690н
Мероприятия по улучшения условий	Начнут действовать перечни мероприятий по предотвращению случаев повреждения здоровья работников, находящихся на территории	Приказ Минтруда от 29.10.2021 №771н
Мероприятия по предотвращению случаев повреждения здоровья работников	Начнут действовать перечни мероприятий по предотвращению случаев повреждения здоровья работников, находящихся на территории другого работодателя	Приказ Минтруда от 22.09.2021 №656н
Информирование работников	Будут действовать материалы и способы информирования работников об условиях труда	Приказ Минтруда №29.10.2021 №773н
СУОТ	Начнет действовать новое примерное положение о СУОТ	Приказ Минтруда от 29.10.2021 №776н
Оценка профессиональных рисков	Вступят в силу рекомендации по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков	Приказ Минтруда от 28.12.2021 №796
Информирование работников	Начнут действовать рекомендации по размещению информации о трудовых правах работников	Приказ Минтруда от 17.12.2021 №894
Микроповреждения и микротравмы	Начнет действовать рекомендации по учету микроповреждений и микротравм работников	Приказ Минтруда от 15.09.2021 №632н
Обучение по охране труда	Перестанет действовать порядок обучения №1/29	Приказ Минтруда от 29.10.2021 №769н
Квалификация специалистов по охране труда	Начнут действовать требования к квалификациям специалистов по охране труда	Приказ АНО НАРК от 13.12.2021 №125/21ПР
Обучение по охране труда	Начнут действовать новые правила обучения по охране	Постановление Правительства от 24.12.2021

	труда вместо порядка обучения №1/29	№2464
Служба охраны труда	Рекомендации по структуре службы охраны труда в организации и по численности работников службы охраны труда	Приказ Минтруда от 31.01.2022 №37
Оценка рисков	Рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей	Приказ Минтруда от 31.01.2022 №36

В настоящее время, учитывая сложившуюся нормативно-правовую базу в стране, важная проблема состоит в отсутствии единой методики. Именно поэтому профессиональный риск в организациях, как правило, оценивается на основе существующих качественных либо количественных методов.

Наличие двух методов, для проведения оценочной работы в одной области, объясняется различными принципом и сложностью исследования входящих данных, одинаковой природы, при этом свои минусы и плюсы есть у каждого из них.

Довольно часто на практике для малых предприятий, средних предприятий, офисов применяют качественные методы оценки риска в связи с тем, что они обладают совокупностью достоинств (основным из которых является простота) по сравнению с количественными методами. Методы достаточно просты в применении, не нуждаются в глубоких знаниях и детальных анализах материалов, значит, оценка осуществляется быстро и является финансово выгодной. Также такой подход применяют для срочного принятия решения, в условиях ограниченности времени на поиск необходимых формализованных моделей. Качественные методы базируются на субъективном анализе риска, который дает возможность выявленные риски классифицировать по определённым критериям, выбираемым перед началом работ по проведению оценки, среди них могут быть такие соотношения категорий как приемлемые и неприемлемые, либо высокий и низкий, а также некоторые промежуточные степени.

Количественная оценка рисков рабочей среды (где, как правило, оценивается коллективный риск) основывается на математических методах, к примеру, применяются механизмы, формулы, различные теоретические модели и коэффициенты сравнения.

Методы численной оценки затратные по времени и, как правило, их применение ассоциируют с привлечением профессионалов из различных сфер. Тем не

менее этим методам оценки риска можно присвоить ряд преимуществ, делающих их востребованными в любой ситуации:

- результаты подобных вычислений полежат сравнительному анализу, как целиком, так и в части составляющих элементов;
- расчёты подобной оценки можно многократно повторять и подвергать перепроверке, в том числе при помощи различных инструментов;
- полученные значения всегда являются объективными и могут быть использованы для сбора статистических баз данных.

Самые часто используемые методы для оценки профессиональных рисков - это метод Файн и Кинна и метод расчета индекса Элмери. На основе этих математических моделей была уточнена и усовершенствована модель при помощи коэффициентов, которые были определены с учетом особенностей нестационарных рабочих мест работников строительной специальности.

Математическая модель по методу Файн и Кинни представляет собой:

$$\text{Риск} = \text{Вероятность} \times \text{Воздействие} \times \text{Последствие} \quad (1)$$

Основная идея метода Файна и Кинни заключается в оценке индивидуальных рисков как произведение трех составляющих – воздействия, вероятности и последствия наступления события. На основе произведенной оценки риски формируются в упорядоченную систему в виде матрицы, учитывающей все составляющие риска.

Математическая модель расчета индекса Элмери это:

$$\text{Индекс Элмери} = \frac{\text{пункты хорошо}}{\text{пункты хорошо} + \text{пункты плохо}} \times 100\% \quad (2)$$

По методу производится оценка параметров рабочей зоны и подсчет пунктов хорошо и плохо далее выводится индекс Элмери, характеризующий уровень безопасности.

Достоинством моделей отмечается простота расчетов и оценка уровня опасности выбранной рабочей зоны.

Во второй главе «Уточнение математической модели оценки профессиональных рисков для рабочих строительной отрасли» на основе общей схемы была уточнена обобщенная схема оценки профессиональных рисков работников строительной отрасли.

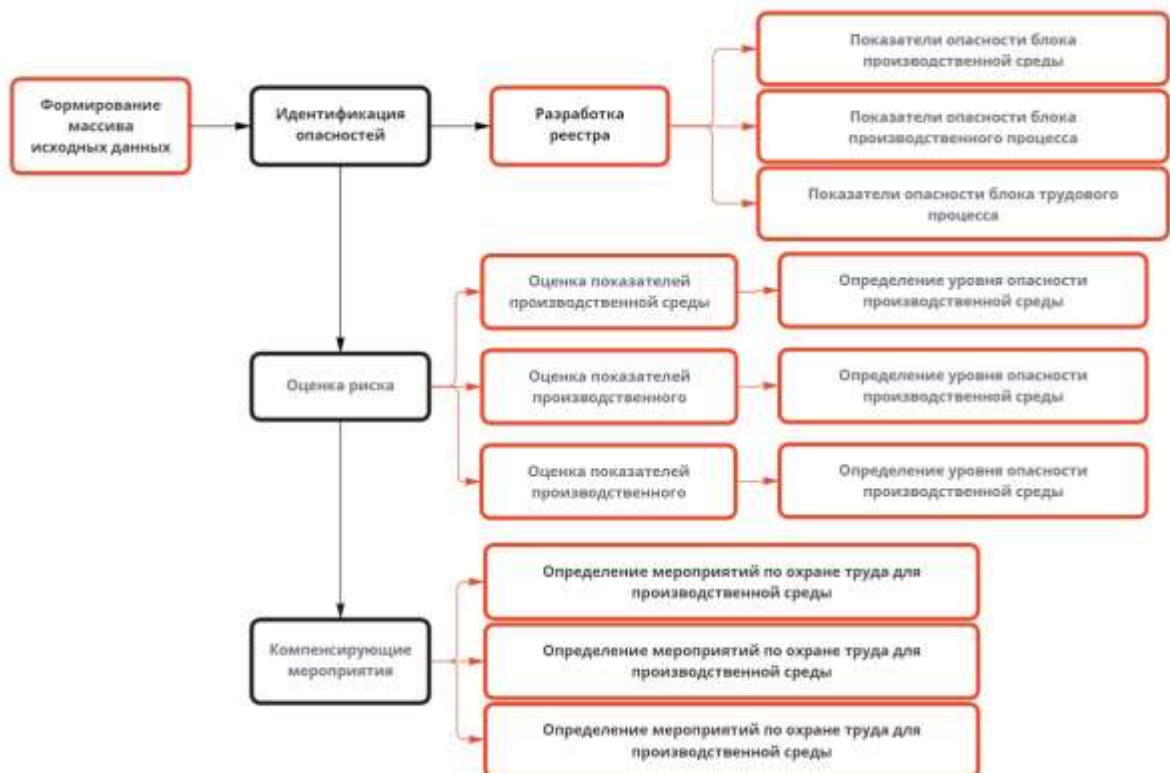


Рис 1. Уточненная схема

На рисунке представлена универсальная схема управления рисками, рекомендуемая ГОСТом. Красным цветом представлены уточняющие

элементы. В схему добавлены элементы: формирование массива исходных данных, разработка реестра опасностей для их идентификации, в свою очередь реестр опасностей для удобства оценки показателей условий труда поделён на блоки показателей производственной среды, производственного процесса и трудовой деятельности. Следующие уточняющими элементом стали оценка показателей блоков и определения их уровня опасности. Определённый уровень опасности показателей блоков позволяют оценить обобщённый уровень профессионального риска. Элемент компенсирующие мероприятия уточнён элементом обоснованного выбора мероприятий по охране труда.

Для того чтобы провести оценку риску рабочего процесса нужно сформировать массив исходных данных.

Массив исходных данных состоит из нескольких таблиц. Часть из них содержит данные, необходимые для формирования реестра показателей опасностей. К таким данным относятся сведения о картах специальной оценки условий труда, результаты анкетирования на рабочих местах, статистика травм, микротравм, приобретении профессиональных заболеваний и журналы учета несчастных случаев на предприятии, результаты оценки эффективности средств индивидуальной и коллективной защиты.

В следующей части таблицы содержатся данные о рабочих местах и работниках, в том числе персональные данные (возраст, стаж) и результаты медицинских осмотров. В другой части таблицы находятся данные для расчёта по методам оценки производственной среды, производственного процесса и трудового процесса.

Массив исходных данных позволяет разработать реестр опасностей для работников строительной отрасли с учетом особенностей специальности и климатических условиях.



Рис 2. Формирование массива исходных данных

Формирование массива исходных данных происходит из сбора всей возможной документации по охране труда на предприятии, далее выделяются данные по конкретным рабочим местам. Для создания реестра опасностей по блокам выделены следующие профессии:

- электромонтер;
- бетонщик;
- монтажник по монтажу стальных и железобетонных конструкций;
- строитель, разнорабочий;
- электрогазосварщик
- рабочий при создании железобетонных сооружений;
- мастер строительных и монтажных работ.

Выбор обусловлен повышенным уровнем травматизма на рабочем месте.

Следующий этап для разработки методики оценки профессиональных риском – это создание реестра опасностей для рабочих строительной отрасли.

Реестр - это перечень возможных опасных и вредных факторов, которые могут оказать негативное влияние на работника во время трудовой деятельности или негативно повлиять в последствии и принести ущерб здоровью.

Данный реестр разработан для профессий строительной отрасли по Северо-Западу России, преимущественно работающих на нестационарных рабочих местах: архитекторов; инженеров-строителей; геодезистов; технологов; крановщиков; мастеров монтажных и строительных работ; плотников, столяров; каменщиков; бетонщиков; кровельщиков; штукатуров-маляров; электросварщиков, газосварщиков; облицовщиков для наружных и внутренних работ, наладчиков вторичных цепей. При разработке реестра были учтены климатические особенности территории.

За основу взят приказ Минтруда России от 19.08.2016 N 438н "Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда". Этот приказ прописывает 30 различных категорий опасностей, в каждой категории выделены несколько опасных и вредных факторов и событий. Для дальнейшего расчета вероятности реализации негативного сценария было принято использовать теорию множеств.

Существующий математический аппарат теории множеств, предполагает описывать множества в виде кортежей. Кортеж – это упорядоченный набор элементов, в котором элементы могут повторяться. На основании этого подхода опишем кортежи для нашей задачи. По принципу математической индукции были выделены кортежи 1 и 2 уровней $A \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$. Используя построенные кортежи в качестве элементов матрицы, применяя методы матричного исчисления можно построить реестр опасностей. Первоначальная матрица (рис. 3), используемая для этой задачи, имеет следующий вид.

$$\underline{\underline{A}} := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Первоначальная матрица.

Путем ситуационного выделения были определены опасные и вредные факторы для профессией строительной отрасли и записаны как матрица 2 (рис. 4) с числовыми значениями 1 и 0, где 1 обозначает высокую вероятность наступления опасного и вредного события в течение рабочей смены и как следствие срыв ожидаемого результата работы (работа не была выполнена, получена травма) или свершение негативного последствия, которое в будущем окажет отрицательное воздействие и приведет к болезни, которая повлечет за собой сокращение трудовой жизни и невыполнение трудовых обязанностей.

$$B := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Рис. 4. Ситуационная матрица

Результирующая матрица, на основании которой можно сформировать реестр опасностей, получен путем перемножения матриц 1 (рис. 3) и 2 (рис. 4). На основе построенной матрицы составим реестр опасностей в таком виде, в котором его будет удобно использовать при описании задачи идентификации опасностей.

$$B \cdot A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Рис. 5 Результирующая матрица

Реестр опасностей является превентивной мерой и закладывает в себя допустимый риск i_0 , который позволяет достичь ожидаемого результата трудовой деятельности, несмотря на влияние опасного или вредного фактора. Это достигается путем применения различных мероприятий по охране труда. Выявление нарушений мероприятий по охране труда увеличивает возможность реализации негативного сценария для работника с ухудшением производительности, не достижения планируемого результата, получением травмы или приобретением профессиональной болезни.

Для удобства оценки факторов условий труда, показатели были разбиты на 3 блока. В данном исследовании производственная среда представляет собой климатические условия на меняющейся рабочей зоне. Производственный процесс в исследовании – это взаимодействие работника с инструментами, оборудованием, использование средств индивидуальной и коллективной защиты для достижения поставленной цели. Трудовой процесс представляет собой трудовую деятельность, которая непосредственно связана с факторами тяжести и напряженности рабочего процесса, также влияние возраста и стажа работы в специальности и индивидуальные особенности самого работника.



Рис 6. Блоки опасностей реестра

Для реализации задачи минимизации уровня профессионального риска на рабочих местах работников строительной отрасли необходимо разработать систему показателей и критериев для оценки состояния и изменения этих условий.

Показатель риска - это логически и математически обобщенная информация объекта исследования. Совокупность показателей образует фактор, который влияет на безопасность работника при выполнении им трудовых и профессиональных обязанностей.

При разработке системы показателей был использован принцип вложенности структурированной конструкции, т.е. операторы действий являются составной частью.

К факторам окружающей среды относятся: освещение и климатические условия. К показателям освещения относятся: освещенность, коэффициент пульсации искусственных источников света, Ослепленность. К климатическим

показателям относятся температура °С; скорость движения воздуха м/с, влажность %, давление мм.рт.ст.

К факторам производственного процесса относятся показатели опасностей и вредностей по реестру для выбранной специальности, частота их проявления и тяжесть последствий от них.

К факторам трудового процесса относятся: тяжесть, напряженность. К показателям тяжести относятся: физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, стереотипные рабочие движения, статическая нагрузка, рабочая поза, наклоны корпуса, перемещение в пространстве. К показателям напряженности относятся: число производственных объектов одновременного наблюдения; нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю); плотность сигналов и сообщений (световых, звуковых) в среднем за 1 час работы, поступающих как со специальных устройств и при речевом сообщении, в том числе по средствам связи; работа с оптическими приборами (% времени смены); монотонность нагрузок (число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях); степень риска для собственной жизни. Также к показателям трудового процесса можно отнести возраст работника, стаж, применение СИЗ, частота медицинского осмотра, фактическая продолжительность рабочего дня, сменность работы, наличие регламентированных перерывов и их продолжительность.

Критерии оценки состояния условий труда должны отражать совокупное комплексное воздействие всех факторов (показателей), влияющих на условия труда работника, и обобщать в едином показателе их многообразное влияние.

Разделяют объективные и субъективные критерии. Критерии безопасности определяются различными нормативно-правовыми документами по показателям факторов условий труда, к таким документам относятся СНиПы, СанПины, ГОСТы.

Для показателей, которые не соответствуют установленным критерием безопасности, рассчитывается вероятности: реализации опасного события $P_{ос}$; получение травмы; развития профессиональных заболеваний; неисправности оборудования, получение психологической травмы, летального исхода. После расчёта определяется уровень риска профессиональной деятельности работника. На основе уровня риска утверждается перечень мероприятий по улучшению условий труда на оцениваемом рабочем месте. После применения компенсирующих мероприятий производится повторная уточняющая оценка риска по выбранному показателю, если наблюдается снижение уровня опасности профессиональной деятельности на рабочем месте, то риск считается допустимым.

Предлагается уточнить математическую модель на основе психофизического закона Вебера-Фехнера при помощи коэффициентов. Математическая модель для производственного и трудового процесса:

$$L_{пп,тп} = \ln \frac{k \cdot \sum x_i}{x_{i_0}}, \quad (3)$$

где k - коэффициент режима работы (по ГОСТу 12.0.230.4-2018 выделяют штатный; нештатный режим осуществления (выполнения), когда по той или иной технической, организационной или личностной причине появляются отклонения от штатного режима, которые возможно влекут за собой новые опасности, отсутствующие при штатном режиме; аварийный режим выполнения (прекращения) в условиях развивающейся аварии (аварийную ситуацию), в которую переходит нештатный режим; штатное изменение штатного (нормального) режима выполнения новых производственных процессов):

штатный – 0,5;

аварийный – 3;

штатный режим, обучение – 0,5;

нештатный режим, при котором могут возникать различные сбои и опасности – 2;

- x_i - определённые опасности для конкретного рабочего места;

- x_{i0} – допустимое значение опасности = 2.

$$L_{\text{пс}} = \ln \frac{k * x_2 + \sum x_i}{x}, \quad (4)$$

$$k = \ln \frac{x_i}{x_{i0}}, \quad (5)$$

где x_1 – баллы показателя «Сезонность»;

x_2 – баллы показателя «Температура»;

k – коэффициент, учитывающий нормальную среднесезонную температуру;

x_3 – баллы показателя «Осадки»;

x_4 – баллы показателя «Скорость ветра»;

x_5 – баллы показателя «Давление»;

x_6 – баллы показателя «Световая среда».

Для установления допущений по блокам оценки трудовой деятельности рабочего строительной отрасли обратимся к законам психофизике. Установление зависимостей между величиной действующего на организм стимула (раздражителя) и возникающего в ответ на это в организме ощущения, составляет предмет психофизики. Психофизика рассматривает проблемы построения сенсорных шкал, используемых для оценки вышепороговых ощущений. Материалы, лежащие в основе построения таких шкал, могут быть при определенных допущениях применены для обоснования соотношений между баллами риска x_i и конкретными значениями параметров тех или иных факторов рабочей среды. По существу, в баллах в данном случае измеряется величина вышепороговых ощущений (риск), а конкретные значения параметров факторов среды представляют стимул или раздражитель. Примем допустимый риск, как логарифмическое отношение произведения количества возможных «минимальных» баллов по значению опасностей по реестру и коэффициента к этому значению.

Расчет допустимого уровня опасности трудового и производственного процесса:

$$L_{\text{доп}} = \ln \frac{k(n_i \cdot x_i)}{x_{i0}}, \quad (6)$$

где k – это штатный режим работы для трудового и производственного процесса равен 0,5;

n_i – количество возможных негативных события в течение смены;

x_i - «минимальный» балл по возможным опасностям за смену;

x_{i0} – допустимое значение наступление возможного негативного события, который не повлияет на состояние и здоровье работника, восстановление рабочего происходит в течение короткого времени и в эту же смену.

Расчет допустимого уровня производственной среды:

$$L_{\text{доп}} = \ln \frac{(k \cdot x_i) + (n_i \cdot x_i)}{x_{i0}}, \quad (7)$$

где k – это коэффициент, учитывающий нормальную среднесезонную температуру по данным Росгидромета.

n_i – количество климатических показателей и показателей окружающей среды;

x_i - «минимальный» балл по климатическим и показателям окружающей среды;

x_{i0} – допустимое значение климатических и показателей окружающей среды, которые не нанесут вред рабочему.

Таблица 2.

Допустимые значения уровня опасностей по блокам.

Блок по факторам трудовой деятельности	Допустимое значение уровня возникновения опасностей
Производственная среда	$L_{\text{пс}} \leq 1$
Производственный процесс	$L_{\text{пп}} \leq 2$
Трудовой процесс	$L_{\text{тп}} \leq 2$

После определения допустимого уровня опасности 3 блоков предлагается рассчитать при помощи математической модели, разработанной во ВНИИ

Труда, допустимое значение обобщенного уровня опасности профессионального риска.

$$R_{\text{доп}} = 1 - \frac{N_{L_i} \cdot ((L_{\text{max}} + 1) - 1)}{L_{\text{max}}} \quad (8)$$

За L_{max} принимается самый большой уровень опасности и он равен 6. L_i представляет собой уровни опасности производственной среды, производственного процесса и трудового процесса. Зная допустимые значения уровней опасности можно рассчитать и установить допустимый обобщенный уровень профессионального риска $R_{\text{пр}}$ и он равен 0,3. Отсюда делаем вывод, что чем ближе к 0, тем безопаснее для работника.

Допустимый индивидуальный риск на производстве - 10^{-4} , исходя из этого ставим ограничения для обобщенного уровня опасности трудовой деятельности до 4 знака после запятой.

Данная методика оценки профессиональной деятельности представляет собой совокупность трех методов, объединенная общей математической моделью.

По ГОСТу 12.0.230.4-2018 все опасности в процессе идентификации делят на следующие основные группы:

- а) опасности, источники которых связаны с производственной средой;
- б) опасности, источники которых связаны с особенностями производственных процессов (производственных операций), включая используемое оборудование, сырье, материалы, инструмент, приспособления и т.п.;
- в) опасности, источники которых связаны с трудовым процессом, видами работ, рабочими операциями, включая влияние человеческого фактора.

Формирование массива исходных данных происходит из сбора всей возможной документации по охране труда на предприятии, далее выделяются данные по конкретным рабочим местам. Из массива исходных данных формируется реестр опасностей. Формирование состоит из 3 этапов. Создаётся первоначальная матрица А из всей опасностей, принимается, что значение 1 -

опасность есть, а 0 – опасности нет. Матрица В формируется из массива исходных данных для выбранного рабочего места. И в результате при помощи перемножения матриц А и В формируется матрица определённых опасностей для выбранного рабочего места и для конкретного работника с баллами для последующей оценке показателей условий труда.

Для удобства оценки факторов условий труда, показатели были разбиты на 3 блока. В данном исследовании производственная среда представляет собой климатические условия на меняющейся рабочей зоне. Производственный процесс в исследовании – это взаимодействие работника с инструментами, оборудованием, использование средств индивидуальной и коллективной защиты для достижения поставленной цели. Трудовой процесс представляет собой трудовую деятельность, которая непосредственно связана с факторами тяжести и напряженности рабочего процесса, также влияние возраста и стажа работы в специальности и индивидуальные особенности самого рабочего.

Под производственной понимается климатические условия на меняющейся рабочей зоне. Производственный процесс в исследовании – это взаимодействие работника с инструментами, оборудованием, использование средств индивидуальной и коллективной защиты для достижения поставленной цели. Трудовой процесс представляет собой трудовую деятельность, которая непосредственно связана с факторами тяжести и напряженности рабочего процесса, также влияние возраста и стажа работы в специальности и индивидуальные особенности самого работника.

Для того чтобы провести оценку профессиональных рисков сначала надо оценить факторы труда, для этого была сформирована система показателей и критериев, которая описана в разделе 2.4. При разработке системы показателей был использован принцип вложенности структурированной конструкции, т.е. операторы действий являются составной частью системы. Показатели условий труда оцениваются количественным и качественным способом. Критерии безопасности определяются различными нормативно-правовыми документами

по показателям факторов условий труда, к таким документам относятся СНиПы, СанПины, ГОСТы.

После оценки факторов условий труда по критериям безопасности, показатели находящиеся выше нормы оцениваются для определения уровней опасности, которые могут навредить рабочему в долгосрочной перспективе.

Методика оценки профессиональных рисков представляет собой совокупность алгоритмов моделей оценки производственной среды, производственного процесса и трудового процесса. По алгоритму формируется массив исходных для выбранного рабочего места. Далее создаётся реестр с баллами. По критериям безопасности оцениваются показатели. Для показателей, которые оказались выше нормы, рассчитывается показатель риска и определяется уровень опасности блоков факторов труда. Для каждого блока были установлен допустимый уровень опасности.

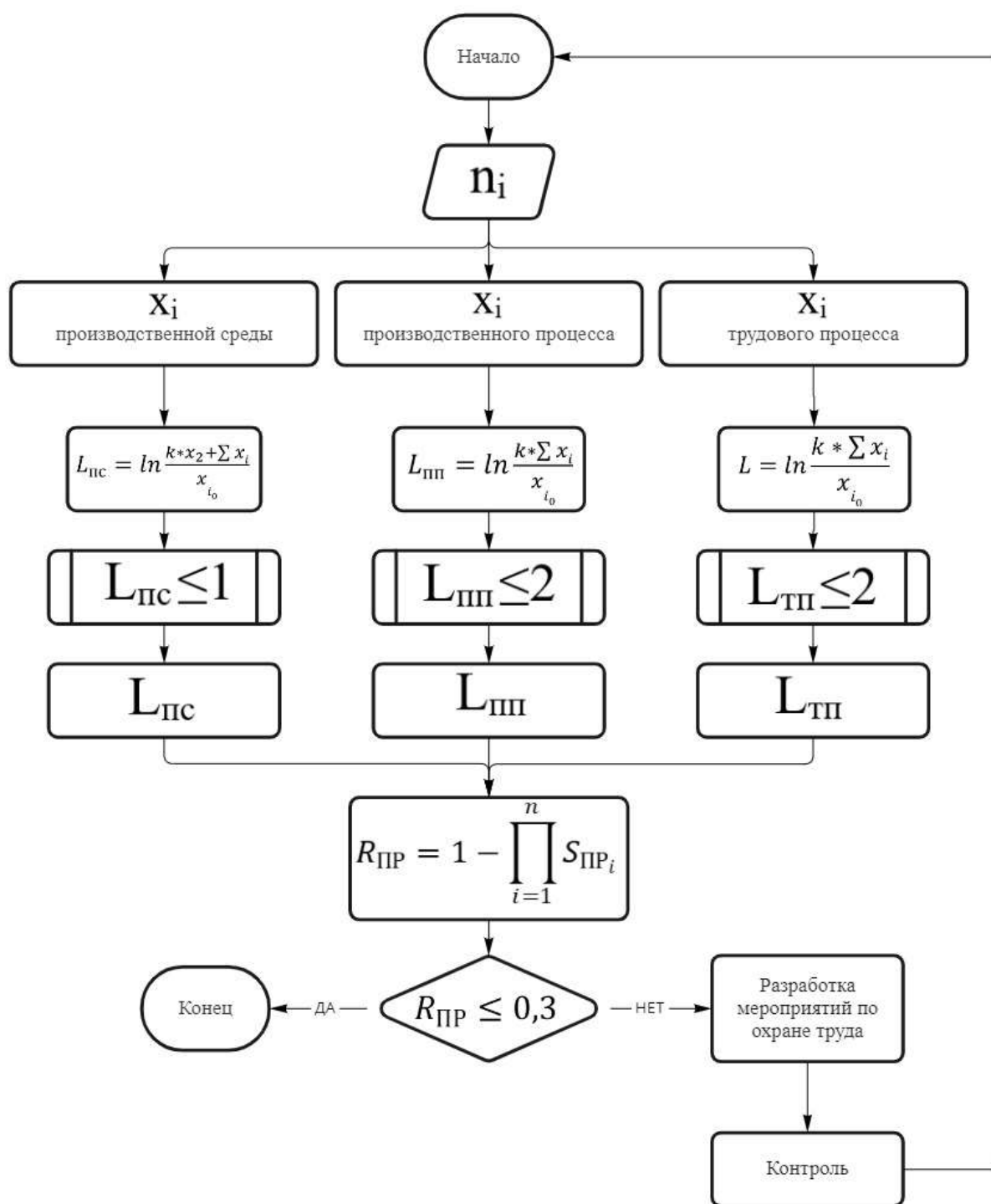


Рис. 7. Алгоритм оценки профессиональных рисков

Для того чтобы эффективно оценить негативное влияние факторов условий труда нужно уточнить математическую модель. Основываясь на математических моделях самых распространённых методов расчета индекса Элмери, метода Файн и Кинни и психофизического закона Вебера-Фехнера были получены модели для оценки показателей производственной среды, производственного процесса и трудового процесса.

После определения уровня опасности 3 блоков предлагается рассчитать при помощи математической модели, разработанной во ВНИИ Труда, обобщенный уровень профессионального риска:

$$R_{\text{доп}} = 1 - \frac{N_{L_i} \cdot ((L_{\text{max}} + 1) - 1)}{L_{\text{max}}} \quad (9)$$

За L_{max} принимается самый большой уровень опасности и он равен 6. L_i представляет собой уровни опасности производственной среды, производственного процесса и трудового процесса. Зная допустимые значения уровней опасности можно рассчитать и установить допустимый обобщенный уровень профессионального риска $R_{\text{пр}}$ и он равен 0,3. Отсюда делаем вывод, что чем ближе к 0, тем безопаснее для работника.

Проблема оценки ущерба здоровью людей от воздействия факторов окружающей среды является одним из важных направлений современной гигиенической науки. Климатические и световые условия напрямую влияют на риск получения травмы на нестационарных местах рабочего. Отсутствие значений этих параметров не позволяет полноценно идентифицировать опасности, с которыми может столкнуться рабочий в течение рабочей смены.

Предлагаемый метод оценки производственной среды состоит в определении параметров внешней окружающей среды при помощи ГИС-технологии с целью оценки производственной среды. Условия внешней окружающей среды подлежат многолетнему наблюдению, статистическому анализу и фиксированию по месяцам и годам для рассмотрения всех комбинаций погодных условий.

Среди показателей климата, оказывающих влияния на работника, необходимо выделить следующие: температура, давление, влажность, скорость ветра. Такие параметры климата в различных комбинациях могут являться опасными и вредными производственными факторами.

Принимая во внимание статистические геофизические данные, полученные при помощи ГИС, можно проводить оценку производственной среды и, впоследствии, оценку профессиональных рисков нестационарных

рабочих мест. Такой подход позволит минимизировать или вообще исключить воздействующие на рабочего угрозы при определенных климатических параметрах.

Метод представляет собой порядок действий, по специально разработанному алгоритму.

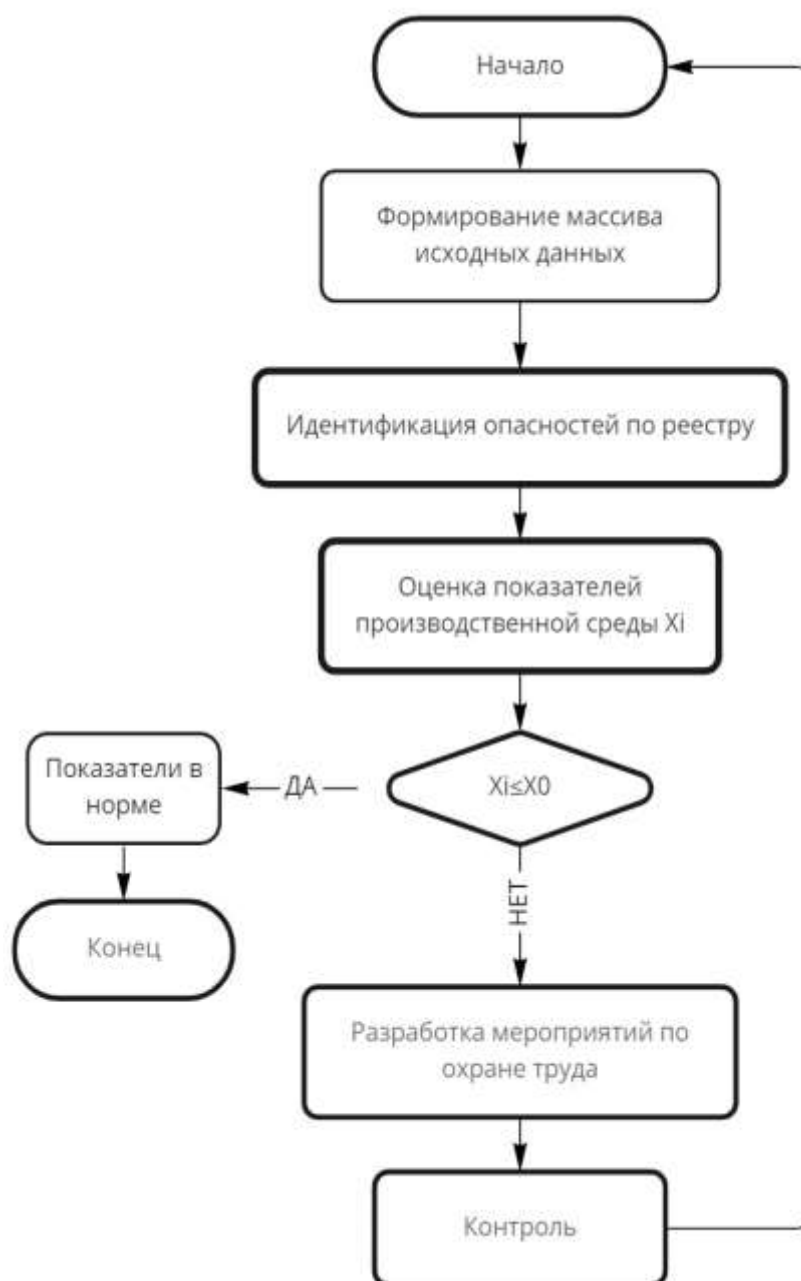


Рис 8. Алгоритм оценки производственной среды

Первый шаг представляет сбор и формирование климатических и световых данных по конкретному рабочему месту, за определённый период, в массив входят:

- температура;
- сезонность (зима, весна, лето, осень);
- осадки;
- скорость ветра;
- давление;
- освещенность, определяется коэффициент ослепляемости;

Далее составляются матрицы: первоначальная матрица по массиву исходных данных и ситуационная матрица для рабочего места возможных опасностей. В матрицах значение 1 обозначает опасность есть, 0 – опасности нет. Первоначальная матрица должна иметь по всем показателям 1, подразумевая возможность возникновения негативного события, приводящая к потенциальной угрозе для рабочего. Ситуационная матрица составляется для конкретного рабочего места и после оценки всех показателей. Если показатели оказались в норме, то ставится 0, т.е. опасности нет, если показатели превышают норму – 1. После составления матриц, они перемножаются и получаются баллы x_i , которые обозначают возможность наступления негативного события.

По получившимся баллам определяется уровень опасности $L_{ПС}$ производственной среды по формуле:

$$L_{ПС} = \ln \frac{k \cdot x_2 + \sum x_i}{x_{i_0}}, \quad (10)$$

где x_2 – параметр «температура»;

k - коэффициент, учитывающий среднемесячную температуру;

$$k = \ln \frac{x_2}{x_{2_0}}, \quad (11)$$

где x_{2_0} – это допустимая температура для сезона.

По получившемуся значению уровня опасности производственной среды определяют компенсирующие мероприятия.

Таблица 3.

Ранжирование значения уровня опасности производственной среды

Уровень опасности L	Характеристика уровня опасности производственной среды	Компенсирующие мероприятия
0-1	Малый или отсутствует	Компенсирующие мероприятия не требуются. К работе можно приступать после получения заявки.
1-2	Умеренный	К работе можно приступать после получения заявки, необходим постоянный контроль за рабочей деятельностью.
2-3	Серьезный	К работе можно приступать после применения дополнительных мер по безопасности, необходим постоянный контроль за рабочей деятельностью.
более 3	Высокий	Назначается определённое время выполнения работы, применяются дополнительные меры по безопасности, необходим постоянный контроль за рабочей деятельностью, мониторинг метеорологических параметров.

Метод оценки производственного процесса позволяет оценивать степень негативного воздействия на организм работника при реализации опасного сценария. Производственный процесс – это взаимодействие работника с инструментами, оборудованием, использование средств индивидуальной и коллективной защиты для достижения поставленной цели.

Каждое рабочее место характеризуется специфичным набором опасностей, оказывающих влияние на состояние и здоровье персонала в кратковременной или долгосрочной перспективе. Задача обеспечения безопасных условий труда заключается в идентификации опасностей на рабочем месте, их оценки, разработке мероприятий, направленных на снижение уровня опасности или их устранения.

Также, как и предыдущий метод оценки производственной среды, метод оценки производственного процесса представляет собой порядок действий, по специально разработанному алгоритму.

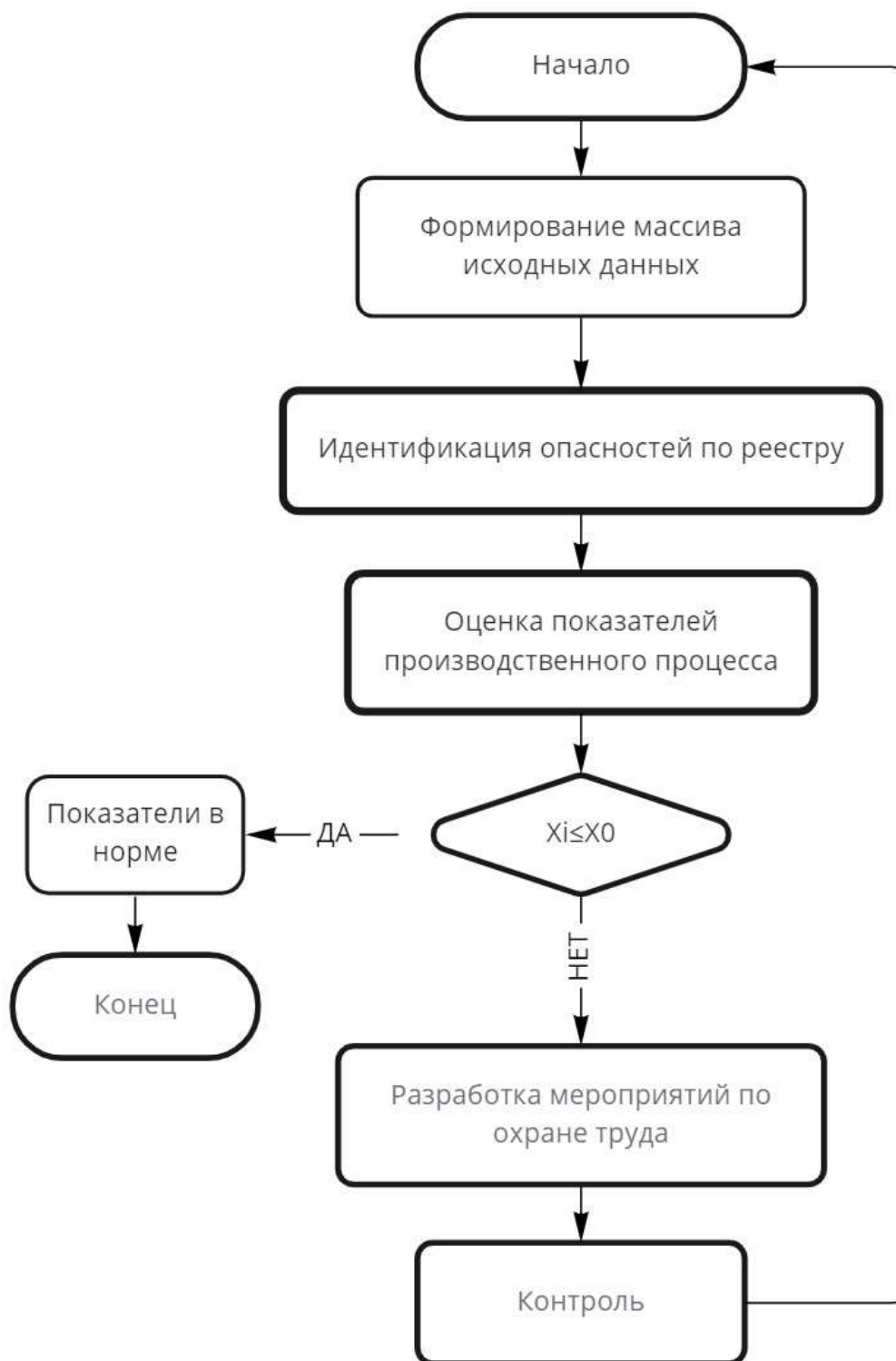


Рис 9. Алгоритм оценки производственной среды

Первым этапом является сбор независимых от объекта данных, например, результаты специальной оценки условий труда, статистика несчастных случаев, результаты оценки средств индивидуальной защиты, результаты медицинских осмотров, результаты производственного контроля, оценка обучения по охране труда.

Далее составляются первоначальная и ситуационная матрица для конкретного рабочего места с возможными определёнными опасностями по реестру для рабочих строительной специальности на нестационарных рабочих местах.

Далее рассчитывается оценка вероятности получения травмы, она выполняется по формуле:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i * m_i)}{n} * I * (1 + K_T) \quad (12)$$

где K – весовой коэффициент – вероятность реализации обстоятельств в зависимости от групп причины несчастного случая (в долях от общего количества всех НС в группе);

i – количество групп причин несчастных случаев;

m – вероятность получения микротравм (в долях от общего количества дней в месяце);

I – индекс профзаболеваемости;

K_T – коэффициент учета травматизма (отношение количества дней нетрудоспособности на среднесписочный состав предприятия на 100 работников).

Коэффициент профзаболеваемости I учитывает состояние условий труда на рабочем месте. Является обратной величиной произведению категории риска и категории тяжести профзаболевания, учитывает как вероятностный критерий риска, так и степень тяжести профессионального заболевания.

После определения коэффициентов травматизма и профзаболеваемости им присуждается баллы для дальнейшего расчёта уровня опасности производственного процесса.

Далее путём перемножения матриц получают баллы x_i для дальнейшей оценки уровня возможной опасности, которые обозначают возможность наступления негативного события.

По получившимся баллам определяется уровень опасности $L_{пп}$ производственного процесса по формуле:

$$L_{\text{ПП}} = \ln \frac{k \cdot \sum x_i}{x_{i_0}}, \quad (12)$$

где k- коэффициент режима:

штатный – 1;

аварийный – 3;

штатный режим, обучение – 1;

нештатный режим, при котором могут возникать различные сбои и опасности – 2;

x_i - определённые опасности для конкретного рабочего места;

x_{i_0} – допустимое значение опасности = 2.

По получившемуся значению уровня опасности производственного процесса разрабатывают мероприятия по охране труда.

Таблица 4.

Ранжирование значения уровня опасности производственного процесса

Уровень опасности L	Характеристика уровня опасности производственного процесса	Травма	Профзаболевание
0-2	Малый или отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
2-3	Умеренный	Потеря трудоспособности на срок до трех дней	Не развивается
3-5	Высокий	Потеря трудоспособности на длительный период	Получение заболевания, препятствующего продолжению работы на данном рабочем месте
более 6	Чрезвычайный	Смертельный исход	Получение заболевания, не совместимого с жизнью

Метод оценки трудового процесса позволяет оценивать степень негативного воздействия на рабочего при выполнении рабочих обязанностей. Он состоит из несколько этапов, определенных по алгоритму. Трудовой процесс – это трудовая деятельность, которая непосредственно связана с

факторами тяжести и напряженности рабочего процесса, также влияние возраста и стажа работы в специальности и индивидуальные особенности самого работника.

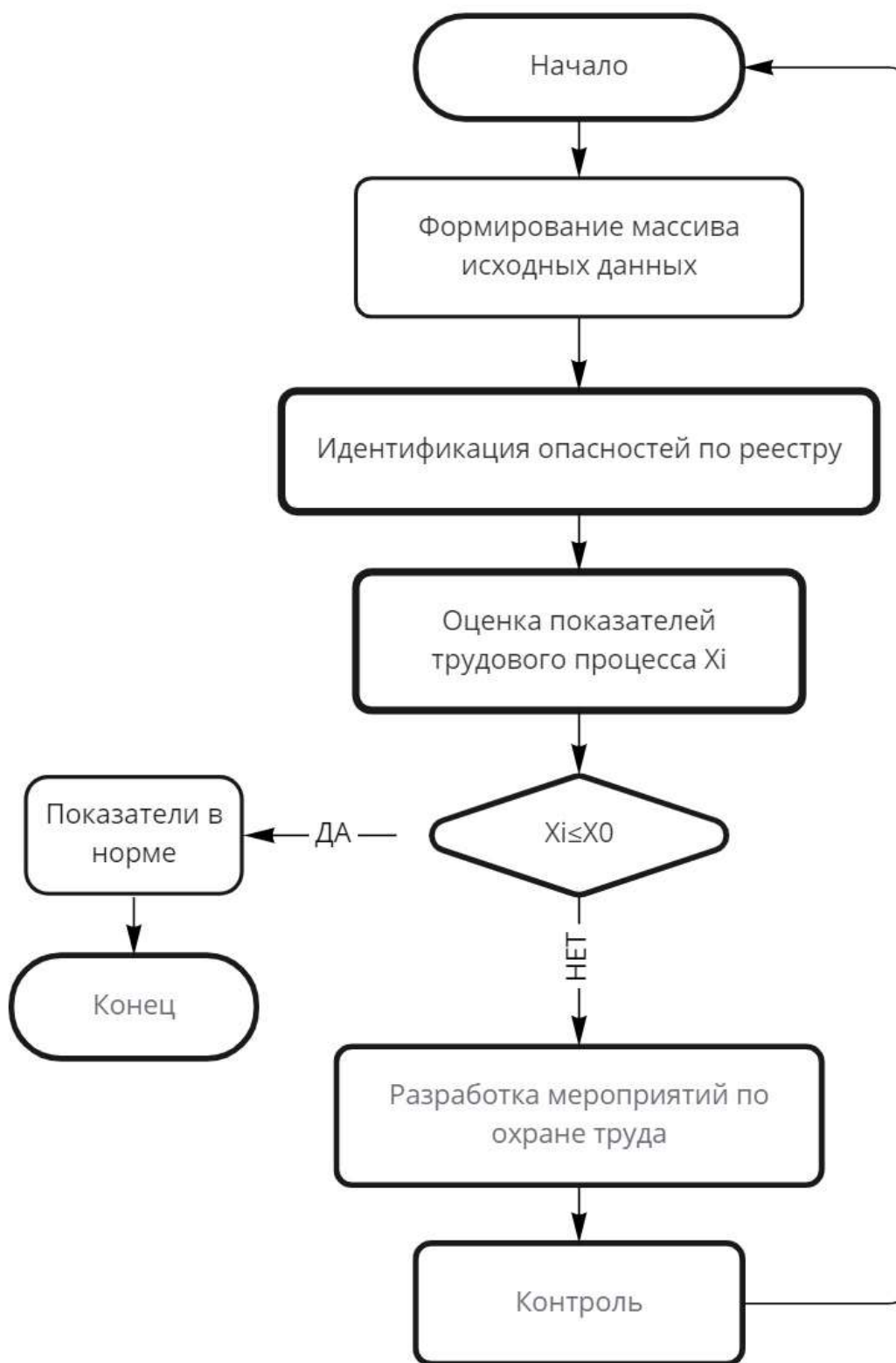


Рис 10. Алгоритм оценки трудового процесса

1 этап представляет собой сбор исходных данных, таких как возраст, стаж, также проводится анкетирование рабочих. К каждому ответу присваивается весовой балл.

Далее составляются первоначальная и ситуационная матрица для конкретного рабочего места с возможными определёнными опасностями по реестру для рабочих строительной специальности на нестационарных рабочих местах.

После определения возникновения негативных событий на рабочем месте рассчитывается оценка вероятности получения травмы, она выполняется по формуле:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i * m_i)}{n} * I * (1 + K_T) \quad (13)$$

где K – весовой коэффициент – вероятность реализации обстоятельств в зависимости от групп причины несчастного случая (в долях от общего количества всех НС в группе);

i – количество групп причин несчастных случаев;

m – вероятность получения микротравм (в долях от общего количества дней в месяце);

I – индекс профзаболеваемости;

K_T – коэффициент учета травматизма (отношение количества дней нетрудоспособности на среднесписочный состав предприятия на 100 работников).

Коэффициент профзаболеваемости I учитывает состояние условий труда на рабочем месте. Является обратной величиной произведению категории риска и категории тяжести профзаболевания, учитывает как вероятностный критерий риска, так и степень тяжести профессионального заболевания.

Коэффициент учета травматизма K_T аналогичен общему коэффициенту производственного травматизма, дает более объективную оценку состояния производственного травматизма, т.к. учитывает не только число несчастных случаев, но ещё и качественную сторону этого негативного явления в виде

тяжести травматизма. К данному коэффициенту добавляется единица для утяжеления значений. Коэффициент рассчитывается на 100 работников.

Учет этих коэффициентов позволит скорректировать полученные данные и определить количественное значение выделенных профессиональных рисков. В результате в расчете оценки рисков для каждого обстоятельства будут учитываться все группы причин, т.к. нельзя наиболее точно определить какая конкретная причина станет основной при получении травмы.

После определения коэффициентов травматизма и профзаболеваемости им присуждается баллы для дальнейшего расчёта уровня опасности производственного процесса.

Далее путём перемножения матриц получаются баллы x_i для дальнейшей оценки уровня возможной опасности, которые обозначают возможность наступления негативного события.

По получившимся баллам определяется уровень опасности $L_{ПП}$ производственного процесса по формуле:

$$L_{ПП} = \ln \frac{k \cdot \sum x_i}{x_{i_0}}, \quad (14)$$

где k - коэффициент режима:

штатный – 1;

аварийный – 3;

штатный режим, обучение – 1;

нештатный режим, при котором могут возникать различные сбои и опасности – 2;

x_i - определённые опасности для конкретного рабочего места;

x_{i_0} – допустимое значение опасности = 2.

По получившемуся значению уровня опасности производственного процесса разрабатывают мероприятия по охране труда.

Ранжирование значения уровня опасности трудового процесса

Уровень опасности L	Характеристика уровня опасности трудового процесса	Травма	Профзаболевание
0-2	Малый или отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
2-3	Умеренный	Потеря трудоспособности на срок до трех дней	Не развивается
3-5	Высокий	Потеря трудоспособности на длительный период	Получение заболевания, препятствующего продолжению работы на данном рабочем месте
более 6	Чрезвычайный	Смертельный исход	Получение заболевания, не совместимого с жизнью

Заключение

Результатом исследования стала логически и математически единая методика оценки профессиональных рисков, основанная на разработанных количественных методах оценки показателей производственной среды, производственного процесса и трудового процесса.

Уточненная математическая модель на основе психофизической закона Вебера-Фехнера, где логарифмическое отношение показывает степень негативного воздействия идентифицированных опасностей на рабочего.

Для оценки показателей был составлен реестр опасностей для нестационарных мест рабочих строительной отрасли. На основе индивидуального производственный риска с учетом специфики получения травм и факторов, влияющих на возникновения внештатных негативных событий был выведен допустимый уровень опасности для каждого метода.

Список работ, опубликованных по теме научного доклада

Публикации в изданиях, рецензируемых ВАК

1. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА Румянцева Н.В., Логвинова Ю.В., Ульянов А.И. Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2019. № 3. С. 441-448.

2. МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РАБОЧИХ МЕСТ Ефремов С.В., Логвинова Ю.В., Полухович М.А. Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 6 (234). С. 8-12.

3. К ИСТОРИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В РОССИИ И РОЛЬ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА В ЭТОМ ПРОЦЕССЕ Малаян К.Р., Ефремов С.В., Логвинова Ю.В. Безопасность жизнедеятельности. 2022. № 6 (258). С. 53-56.

Публикации в других изданиях

1. EVALUATION OF EXPLOSIVE PARAMETERS OF FUEL OIL ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGY Monashkov V., Russkova I., Logvinova Y., Romyantseva N., Uljanov A. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Scientific and Practical Conference "Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Green Energy, Ecology and Earth Science" - Green Energy and Earth Science" 2021. С. 052017.

2. DEVELOPMENT OF SAFETY MANAGEMENT TECHNOLOGY OF ELECTRIC POWER NETWORKS IN ORDER TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT Burlov V., Polyukhovich M., Mankov V., Logvinova Yu. В сборнике: E3S Web of Conferences Volume 274 (2021). 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021). France, 2021. С. 10004.

3. ТИПОВОЙ АЛГОРИТМ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Логвинова Ю.В. В сборнике:

Неделя науки ИСИ. сборник материалов всероссийской конференции. В 3 ч., Санкт-Петербург, 2021. С. 50-52.

4. ПРОТИВОРЕЧИВЫЕ ИТОГИ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА Малаян К.Р., Логвинова Ю.В. Безопасность жизнедеятельности. 2021. № 9 (249). С. 6-13.

5. ОБЩНОСТЬ ИДЕЙ И ДЕЙСТВИЙ ООН И МАНЭБ В СОЗДАНИИ БУДУЩЕГО, КОТОРОГО ДОСТОЙНО ЧЕЛОВЕЧЕСТВО Малаян К.Р., Логвинова Ю.В. Вестник МАНЭБ. 2020. Т. 25. № 1. С. 4-12.

6. A METHOD FOR ASSESSING CLIMATIC PARAMETERS WORKING AT LOW TEMPERATURES AS AN ELEMENT OF TECHNOLOGICAL SAFETY Efremov S., Logvinova Y., Russkova I., Polyukhovich M. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 5th International Conference "Arctic: History and Modernity" 18-19 March 2020, Saint-Petersburg, Russia. Saint-Petersburg, 2020. С. 012031.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ Логвинова Ю.В., Румянцева Н.В. Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2019. № 2 (34). С. 290-293.

8. RUSSIAS ARCTIC IS AS AN OBJECT OF ENVIRONMENTAL MONITORING Russkova I., Salkutsan V., Logvinova Y., Dolgikh N. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 012028.

9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО НАПРАВЛЕНИЮ "ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ" КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА Кабалоев С.О., Логвинова Ю.В., Малышев В.П. Вестник МАНЭБ. 2018. Т. 23. № 3. С. 71-76.

Аспирант _____ Логвинова Ю.В.
(подпись)