



III БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.70.95.008

УДК 331.453

© А. И. Фомин, Д. А. Бесперстов, И.В. Тимощук, В. А. Петрова, 2024

А.И. ФОМИН

д-р техн. наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
заведующий кафедрой
КузГТУ, г. Кемерово
e-mail: fomin-ai@kuzbasscot.ru



Д.А. БЕСПЕРСТОВ

канд. техн. наук,
доцент кафедры
КемГУ, г. Кемерово
e-mail: gpnbesperstov@yandex.ru



И.В. ТИМОЩУК

д-р техн. наук,
профессор кафедры
КемГУ, г. Кемерово
e-mail: irina_190978@mail.ru



В.А. ПЕТРОВА

студент
КемГУ, г. Кемерово
e-mail: valera_petrova@inbox.ru



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В РФ

В работе рассмотрена и обоснована необходимость обеспечения безопасных условий труда работников. Так, несмотря на многолетнюю динамику снижения случаев производственного травматизма, в том числе с летальным исходом, данные показатели остаются значительными. Травматизм работников негативно влияет не только на работоспособность и имидж предприятия, но и на благосостояние страны в целом, так как компенсирующие выплаты пострадавшим и их семьям выплачиваются из бюджета. Данное приводит к перераспределению финансовых средств от добросовестных организаций, заботящихся о безопасности своих работников, в направлении объектов, злоупотребляющих государственным законодательством, обеспечивающим компенсационные оплаты за счёт добросовестных граждан.

В исследовании проведены организационные и технические мероприятия, направленные на повышение безопасности работников. Данное распределение мероприятий обосновано финансовыми затратами на их реализацию, а также на организацию возможного их выполнения.

Основой же проведения работ являлась представленная методика оценки условий труда, которая связала статистические показатели травматизма и гибели работников с финансовыми затратами на профилактические мероприятия. Связующим звеном представлены социально-экономические риски, возникающие на предприятиях. Вместе с тем данные исследования описаны в виде математических моделей, выраженных в форме дифференциальных уравнений, являющихся теоретической основой проведённых исследований. Практическая значимость работы заключается в возможности определения количественной величины расчёта риска и, как следствие, перераспределения финансовой и экономических затрат в отношении реализации организационно-технических мероприятий, непосредственно влияющих на жизнь и здоровье работников предприятий при осуществлении ими трудовой деятельности.

Ключевые слова: БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА, МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНОСТИ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ, ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА И ГИБЕЛИ РАБОТНИКОВ, ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА, ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ, МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Случаи, связанные с травматизмом и гибелью работников, наиболее вероятны в процессе трудовой деятельности на объектах, имеющих повышенную степень опасности. Данное связано с опасными технологически сложными производственными процессами, нарушение которых приводит как к крупным авариям, так и к единичным травмам работников. Рассматриваемый вопрос актуален для субъектов, деятельность работников которых осуществляется на предприятиях с вредными, а также опасными условиями труда [1, 2].

Как в Российской Федерации, так и за рубежом аварии наносят значительный социально-экономический ущерб не только предприятию или работнику, но и государству в целом. К примеру, 27 октября 2023 года в г. Санкт-Петербурге погибли трое рабочих при прокладке траншеи для дренажных труб. После завершения работ специальной техникой возникла необходимость продолжить их вручную, после чего произошел обвал стены траншеи [3]. 17 апреля 2022 года на территории Селенгинского целлюлозно-картонного комбината, расположенного в Бурятии, произошел выброс сероводорода, повлекший гибель пятерых человек [4]. 31 августа 2015 года

в провинции Хунань, Китай, на бумажной фабрике возникла утечка газа, которая стала причиной гибели семерых рабочих и травмирования еще двух [5]. 3 мая 2017 года в провинции Гуйчжоу, Китай, погибли 12 рабочих, столько же травмировались в результате взрыва газовоздушных масс, образовавшихся в ходе подземных работ по строительству железнодорожного туннеля [6]. 1 августа 2023 года в г. Нью-Дели, Индия, при строительстве автомагистрали на группу рабочих упал передвижной кран мостового типа, вследствие чего 16 человек погибли [7]. 21 декабря 2023 года в результате аварии на угольной шахте в провинции Хэйлунцзян на северо-востоке Китая погибли 13 рабочих, 12 получили ранения [8].

Ситуация усугубляется недобросовестностью работодателей. Так, на территории РФ выявляются десятки тысяч нарушений трудового законодательства, которые касаются невыплаты или выплаты не в полном объеме заработной платы, необоснованного снижения оплаты труда, нарушения трудового договора, увольнения работника без оснований, не проведение специальной оценки условий труда, допущения и ненадлежащее проведения расследования несчастных случаев [9].

Причём ненадлежащее нормирование труда является одним из наиболее часто встречающихся нарушений в области охраны труда (человеческий фактор) [10]. Также имеет место значительное количество нарушений, непосредственно влияющих на безопасность труда работников, таких как ненадлежащее обеспечение коллективным и индивидуальными средствами защиты, отсутствие обучения работников и не проведение или формальное проведение с ними инструктажей, принятие мер по недопущению или снижению опасных и вредных производственных факторов.

Вышеперечисленное указывает на необходимость не только проведения организационно-технических мероприятий, но и изменения оценки условий труда, основанной на фактических производственных рисках, возникающих в процессе трудовой деятельности работников. Понимание собственниками фактических рисков поднимет их заинтересованность к обеспечению безопасности труда на производстве.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ

Для работодателей Министерством труда и социального развития Российской Федерации определен перечень мероприятий по повышению безопасности работников [11]. Данный перечень регулирует условия обеспечения охраны труда, направлен на снижение профессиональных рисков посредством наличия возможности у работодателя разрабатывать индивидуальные для предприятия адресные мероприятия. Он корректируется ежегодно с учётом социально-экономической необходимости развития как отдельных отраслей, так и общего развития государства. К организационным мероприятиям перечня можно отнести:

- выявление опасности на трудовом месте работника;
- размещение цветов сигнализации на опасном оборудовании, конструкциях, элементах коммуникации, вплоть до транспорта и перевозимого им оборудования;

— определение новых дополнительных и модернизация существующих мест для отдыха;

— дополнительная установка перемещаемых систем питьевой воды, повышение их качества и доступности особенно для персонала, работающего в ограниченных условиях с невозможностью ухода с рабочего места (дежурный персонал органов производственного управления, операторов подъемного оборудования и производственных систем, требующих постоянного контроля со стороны работников);

— надлежащий контроль обслуживания систем индивидуальной и коллективной защиты, их обновление;

— постоянное проведение обучения работников правилам безопасного выполнения технологических операций, затрагивающим все опасные производственные факторы;

— умение и возможность оказания первой доврачебной помощи пострадавшим с учётом физических и психологических возможностей работника;

— периодическое проведение инструктажей с учётом производственной и технической необходимости, а также уровня образования работника;

— проведение контроля знаний со стороны квалифицированных работников предприятий, прошедших надлежащее обучение;

— проведение медицинских осмотров и т.д.

Помимо организационных мероприятий по повышению безопасности работников, также можно выделить технические.

ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНО, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТРУДОВУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАБОТНИКОВ

К техническим мероприятиям, минимизирующим производственные риски возникновения негативных ситуаций в процессе деятельности работников, относятся:

- комплектование объектов системами защиты с приоритетом автоматики не только непосредственно расположенном на объекте,

но и удалённо работающего дистанционном режиме. Данные системы должны распространяться на все виды производственного оборудования начиная от регулирования технологических процессов до доставки работников до рабочих мест;

— монтаж современных средств сигнализации их приобретение, а также разработка коммерческими структурами (производственными холдингами, объединяющими десятки предприятий или целые отрасли);

— уделение особого внимания системам охлаждения, в том числе незначительных движущихся элементов производственного оборудования, так как зачастую возгорания происходят из-за воздействия тепла, выделившегося в результате трения. Данные системы необходимо дополнять защитными устройствами и механизмами, а также электронными программными ограничителями;

— развитие систем индивидуальной защиты в связи с тем, что на производственных сложных объектах работник не всегда сможет попасть под действия средств коллективной защиты и расширение их функционирования зачастую экономические затратно и нецелесообразно;

— защита работников от вторичных проявлений аварии, взрывов, к которым относятся ограничения движения завалов, поражения электрическим током, воздействия тепловых излучений в результате пожара или избыточного давления в результате взрыва. Данная защита осуществляется в результате надлежащего функционирования систем дистанционного автоматического производственного контроля;

— переход от ручных защитных устройств к автоматическим, минимизирующим или исключаяющим человеческий фактор. Особенно усилив влияние оборудования, основанного на автоматизации и механизации, минимизировав ручной труд;

— реализации мероприятий компенсирующего характера, в результате которых предприятия локальными нормативными правовыми актами разрабатывают для себя актуальные требования.

Наличие большого неоднозначного количества организационных и технических мероприятий указывает на необходимость определения минимально необходимых требований, непосредственно влияющих на условия обеспечения безопасности работников.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ

С учётом вышеизложенного очевидно, что значительное количество факторов, зачастую предсказуемых, влияет на безопасность работников. Данные факторы зависят не только от человеческого влияния, но и природного, а также производственного. Значительное количество внешних влияющих параметры как положительных, так и отрицательных возможно описать с помощью дифференциальных уравнений [12].

Дифференциальными уравнениями возможно не только описать существующие процессы, но и профилировать возникновение тех или иных событий в будущем с учётом обстоятельств, произошедших в настоящем. Если исходных данных недостаточно, то можно получить тенденцию в краткосрочном, среднесрочном или долгосрочном периоде, но при достаточно обширных сведениях можно изучить не только тенденцию, определяющую изменение параметров, но и достаточно точно определимые параметры с установленной величиной достоверности их происхождения. Точность (достоверность) наступления негативного события позволит предупредить гибель и травмирование работников, а также населения, оказавшегося в зоне негативного воздействия аварий, происходящих на производственных объектах или объектах жизнеобеспечения населения.

Прогнозирование аварийных ситуаций, основанных на событиях в прошлом, позволит работникам предприятия разработать ряд мероприятий, минимизирующих негативные производственные события. Вместе с тем, помимо внутренних производственных процессов имеются и внешние природного и техногенного характера. Зачастую суровые

погодные условия влияют на поставку источников тепла, что негативно влияет на работоспособность объектов жизнеобеспечения, населённые пункты остаются без тепла, предприятия без возможности функционирования при отключении производственных систем. Данное указывает на необходимость учёта различных систем, влияющих на деятельность предприятия, и обеспечивающих безопасность работников. К таким системам можно отнести мероприятия в области охраны труда, промышленной, пожарной, техносферной безопасности, защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций.

Рассмотрев долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный периоды времени можно сделать выводы, что численность пострадавших работников, в том числе с летальным исходом, со временем снижается. Вместе с тем финансовые ресурсы возрастают [13]. Данные представлены в табл. 1.

Представленные таблицы значения можно представить в виде следующих графиков (график 1, 2, 3).

В графике по оси «х» указаны временные интервалы за долгосрочный период времени с 2000 по 2022 гг. По оси «у» приведены количественные показатели, произошедшие в рассмотренном году в части пострадавших на производстве, в том числе с летальными последствиями (график 1), суммы израсходованных финансовых средств на охрану труда (график 2), отношение расходов к травматизму работников (график 3).

В графиках приведены функции изменения параметров времени, также величины достоверности аппроксимации (R^2), указывающей на прогнозируемость показателей.

Функции и величины достоверности были определены на основе построения линий тренда, позволяющих выявить тенденцию изменения рассматриваемых параметров за долгосрочный период. При проведении анализа посредством трендов применялась полиномиальная линия тренда, так как она наиболее точно показывает корреляционную зависимость анализируемых показателей и обладает наибольшей величиной достоверности аппроксимации (R^2).

Из графиков наглядно видно, что увеличение расходов на безопасность работников производственных предприятий прямо пропорционально влияет на снижение травматизма, в том числе с летальным исходом. Также данное подтверждено отношением финансовых затрат к численности пострадавших работников (табл. 3).

При решении вопросов по расчётам рисков возникновения аварий и социальных потерь от них необходимо применение вероятностных критериев, где под риском понимается характеристика, выражаемая в численных значениях, и зависящая от количества ее применения [14]. Иными словами, это значение отношения числа неблагоприятных последствий от различного рода аварий на производстве к их общему числу за определенный промежуток времени. Учитывая вышесказанное, возможно оценивание вероятностных критериев с применением следующих показателей: фактический риск возникновения происшествия на объекте ($R_{\text{пр.факт}}$), ущерба ($R_{\text{ущ.факт}}$), пострадавших ($R_{\text{постр.факт}}$) и погибших работников ($R_{\text{гиб.факт}}$).

Рассматриваемые риски можно представить в следующем виде:

$$R_{\text{пр.факт}} = \frac{N_{\text{пр.}}}{Q_{\text{об.}}}$$

где $N_{\text{пр.}}$ — количество происшествий, шт.; $Q_{\text{об.}}$ — количество производственных объектов по виду деятельности, шт.;

$$R_{\text{ущ.факт}} = \frac{P_{\text{ущ.}}}{P_{\text{имущ.}}}$$

где $P_{\text{ущ.}}$ — ущерб от происшествия, руб.; $P_{\text{имущ.}}$ — стоимость недвижимого и движимого имущества предприятия, руб.;

$$R_{\text{постр.факт}} = \frac{N_{\text{постр.}}}{Q_{\text{работн.об.}}}$$

где $N_{\text{постр.}}$ — количество пострадавших работников на объектах по виду деятельности, чел.; $Q_{\text{работн.об.}}$ — количество работников на объектах по виду деятельности, чел.;

$$R_{\text{гиб.факт}} = \frac{N_{\text{гиб.}}}{Q_{\text{работн.об.}}}$$

Таблица 1

Гибель и травмирование работников и финансовые расходы на предупреждение негативных производственных факторов

Наименование показателя	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве, тыс. человек	151.8	144.7	127.7	106.7	87.8	77.7	70.7	66.1	58.3	46.1	47.7	43.6	40.4	35.6	31.3	28.2	26.7	25.4	23.6	23.3	20.5	21.6	20.3
из них со смертельным исходом	4.4	4.37	3.92	3.54	3.29	3.09	2.9	2.99	2.55	1.97	2	1.82	1.82	1.7	1.46	1.29	1.29	1.14	1.07	1.06	0.91	1.21	1.07
Израсходовано средств на мероприятия по охране труда в расчете на 1 работающего, рублей	995	1420	1683	1995	2505	3197	3752	4726	5506	6493	6724	7966	8758	8881	9616	10930	11480	12965	14246	14862	18825	20476	21997
Отношение расходов к травматизму	6.555	9.813	13.18	18.69	28.53	41.15	53.07	71.49	94.44	140.8	141	182.7	216.8	249.5	307.2	387.6	430	510.4	603.7	637.9	918.3	948	1084



График 1. Социальный ущерб от несчастных случаев на производстве

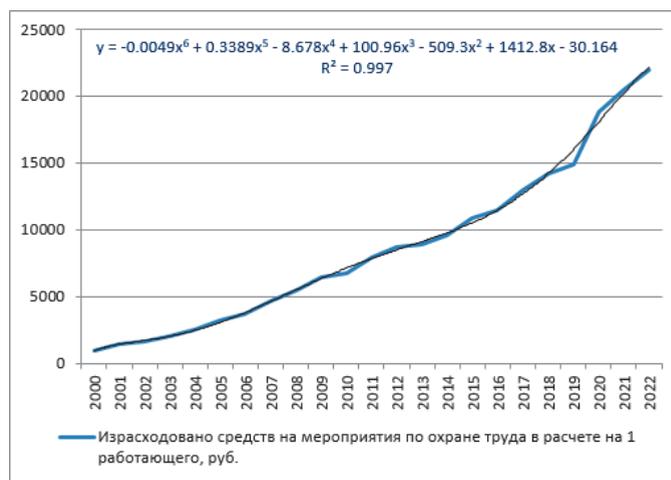


График 2. Экономические затраты на безопасные условия труда работников



График 3. Социально-экономическая зависимость расходов на безопасность работников по отношению к их травмированию

где $N_{\text{гиб.}}$ — количество погибших работников от несчастных случаев, чел.

Рассматриваемые риски не изменяются во времени: они описывают потери от происшествий в определённое рассматриваемое время. Для описания данных рисков во времени в краткосрочном, среднесрочном, долгосрочном периодах необходимо построение математической модели, основанной на дифференциальных уравнениях с учётом функций, представленных на графиках 1, 2, 3.

Риски и соответственно дифференциальные уравнения, описывающие изменения во времени численности пострадавших, в том числе со смертельным исходом, примут следующий вид:

для описания погибших работников:

$$Q_{\text{раб.об.}} \frac{\partial R_{\text{гиб.факт.}}}{\partial \tau} =$$

$$= 0,0001\Delta\tau^3 + 0,0026\Delta\tau^2 - 0,2896\Delta\tau + 4,7577$$

для описания пострадавших работников при возникновении происшествий:

$$Q_{\text{раб.об.}} \frac{\partial R_{\text{постр.факт.}}}{\partial \tau} =$$

$$= -0,00004\Delta\tau + 0,0033\Delta\tau^5 - 0,949\Delta\tau^4 + 1,2775\Delta\tau^3 -$$

$$-7,43\Delta\tau^2 + 2,0789\Delta\tau + 158,13$$

Данные дифференциальные уравнения представляют собой математическую модель, описывающую социальные риски возникновения в результате происшествия на производственном объекте. В дифференциальных уравнениях подлежат изменению во времени (τ) риски (R), где $\Delta\tau$ — временной период, исчисляемый в годах.

В свою очередь, экономические риски связаны с возникновением происшествий и ущербом от них. Безопасность условий труда не зависит от экономических потерь предприятия: на неё влияют социальные риски, так как они описывают вероятность сохранения здоровья и жизнь работников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построение математической модели, представленной в виде дифференциальных

уравнений, измерения социальных рисков, связанных с травматизмом и гибелью работников на предприятиях от происшествий, позволяет представить научно-обоснованную оценку обеспечения безопасности людей на производстве. Уравнения описывают математическую зависимость риска возникновения травматизма.

По представленной методике возможно разработка математических моделей для отдельных видов производства, а также по видам деятельности предприятий. Проанализировав отдельные производства, по представленному в работе порядку, возможна разработка каталога социальных рисков условий труда работников.

В предлагаемой методике присутствует практическая её значимость. Так, проводя расчёты рисков по формулам, проведенных в работе, возможно судить об уровне опасности отдельных производств или профессий, сравнивая риски возникновения травматизма гибели работников. Данное позволит собственникам объектов или ответственным лицам перераспределять финансирование на профилактические мероприятия, что непосредственно влияет, согласно представленной работе исследованиям, на социальные риски производственного объекта.

Методика основана на расчётах и описании социальных рисков, так как экономические риски предприятия могут себе позволить. Собственники предприятий имеют право распоряжаться своим имуществом на своем усмотрение, в том числе и рисковать, что нельзя сказать о работниках [15]. Данное обеспечивается отсутствием в открытом доступе сведений об экономическом ущербе от происшествий и стоимости производственных объектов. Также из рассчитанных величин опасности, выраженных в показателе рассматриваемых рисков, возможно применение организационных мероприятий, направленных на повышение безопасности условий труда работников и не требующих значительных финансовых и более дорогостоящих технических затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. Москва: ЦЕНТРМАГ, 2024. 440 с.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ. Москва: ЦЕНТРМАГ, 2024. 48 с.
3. В Петербурге при прокладке траншеи у крематория погибли трое рабочих [Электронный ресурс] // Информационное агентство ТАСС, 2023. URL: <https://tass.ru/proisshestiya/19136615> (дата обращения 27.05.2024).
4. После гибели пятерых рабочих на комбинате в Бурятии возбудили уголовное дело [Электронный ресурс] // Информационное агентство ТАСС, 2022. URL: <https://tass.ru/proisshestiya/14398141> (дата обращения 27.05.2024).
5. Seven workers die after exposure to gases at China paper mill [Электронный ресурс] // Manufacturing.net, 2015. URL: clck.ru/3ACbic (дата обращения 27.05.2024).
6. 12 workers killed in tunnel blast in China [Электронный ресурс] // The Financial Express, 2017. URL: <https://www.financialexpress.com/world-news/12-die-in-china-railway-tunnel-blast/651907/> (дата обращения 27.05.2024).
7. Crane collapse kills 16 workers in India [Электронный ресурс] // TimesLIVE, 2023. URL: <https://www.timeslive.co.za/news/world/2023-08-01-crane-collapse-kills-16-workers-in-india/> (дата обращения 27.05.2024).
8. At least 12 people were killed in an emergency at a mine in China [Электронный ресурс] // United news of india, 2023. URL: <https://www.uniindia.com/news/world/at-least-12-killed-13-injured-in-accident-at-coal-mine-in-china/3109347.html> (дата обращения 27.05.2024).
9. Мониторинг правоприменительной практики [Электронный ресурс] // Федеральная служба по труду и занятости, 2024. URL: <https://rostrud.gov.ru/room/monitoring-pravoprimeritelnoy-praktiki/> (дата обращения 27.05.2024).
10. Михайленко Е. Д., Фомин А. И. Компетентность как основной компонент человеческого фактора. Комплексная модель компетенций по охране труда // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 1. С. 58–70.
11. Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней: приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 771н [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс, 2021. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402380/ (дата обращения 27.05.2024).
12. Гредасова Н. В., Андреева И. Ю. Обыкновенные дифференциальные уравнения: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. 88 с.
13. Статистика травматизма на производстве в России [Электронный ресурс] // URL: <https://oxrana-bez.ru/stati/statistika-travmatizma-na-proizvodstve-v-rossii/?ysclid=lnwnpdkvtb519721743> (дата обращения 27.05.2024).
14. Термины МЧС России [Электронный ресурс] // ГУ МЧС России, 2024. URL: <https://mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/332> (дата обращения 27.05.2024).
15. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020). Москва: ЦЕНТРМАГ, 2024. 92 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.70.95.008

UDC 614.849

© A. I. Fomin, D. A. Besperstov, I. V. Tymoshchuk, V. A. Petrova, 2023

A.I. FOMIN

Doctor of Engineering Sciences, Professor
Leading Researcher
JSC «NC VostNII», Kemerovo
Head of Department
KuzSTU, Kemerovo
e-mail: fomin-ai@kuzbasscot.ru

D.A. BESPERSSTOV

Candidate of Engineering Sciences
Associate Professor
KemSU, Kemerovo
e-mail: gpnbesperstov@yandex.ru

I.V. TYMOSHCHUK

Doctor of Engineering Sciences,
Professor of the Department
KemSU, Kemerovo
e-mail: irina_190978@mail.ru

V.A. PETROVA

Student
KemSU, Kemerovo
e-mail: valera_petrova@inbox.ru

MATHEMATICAL MODELING OF ENSURING SAFE WORKING CONDITIONS FOR EMPLOYEES AT ENTERPRISES IN THE RUSSIAN FEDERATION

The paper considers and substantiates the need to ensure safe working conditions for employees. Thus, despite the long-term dynamics of reducing occupational injuries, including fatal ones, these indicators remain significant. Injuries of employees negatively affect not only the efficiency and image of the enterprise, but also the welfare of the country as a whole, since compensatory payments to the victims of their families are paid from the budget. This leads to the redistribution of financial resources from bona fide organizations that care about the safety of their employees in the direction of facilities that abuse state legislation that provides compensation payments, again at the expense of bona fide tax-abiding citizens.

The study carried out organizational and technical measures aimed at improving the safety of employees. This distribution of activities is justified by the financial costs of their implementation, as well as the organization of their possible implementation.

The basis of the work was the presented methodology for assessing working conditions, which linked statistical indicators of injuries and deaths of workers with the financial costs of preventive measures. The connecting link is the socio-economic risks that arise in enterprises. At the same time, these studies are described in the form of mathematical models expressed in the form of differential equations, which are the theoretical basis of the conducted research. The practical significance of the work lies in the possibility of determining the quantitative value of the risk calculation and, as a result, the redistribution of financial and economic costs in relation to the implementation of organizational and technical measures that directly affect the life and health of employees of enterprises in the course of their work.

Keywords: OCCUPATIONAL SAFETY, HAZARD MODELING, MATHEMATICAL JUSTIFICATION OF SAFETY, PREVENTION OF ACCIDENTS AT WORK, ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL MEASURES, PREVENTION OF INJURIES AND DEATHS OF WORKERS, IMPROVEMENT OF PRODUCTION SAFETY, DIFFERENTIAL DESCRIPTION OF PRODUCTION RISKS, METHODS OF ENSURING EMPLOYEE SAFETY.

REFERENCES

1. Labor Code of the Russian Federation. Federal Law of 30.12.2001 No. 197-FZ. Moscow: TSENTRMAG, 2024. 440 p. [In Russ.].
2. On industrial safety of hazardous production facilities. Federal Law of 21.07.1997 No. 116-FZ. Moscow: TSENTRMAG, 2024. 48 p. [In Russ.].
3. Three workers died while digging a trench near a crematorium in St. Petersburg [Electronic resource] // TASS News Agency, 2023. URL: <https://tass.ru/proisshestiya/19136615> (date of access 27.05.2024). [In Russ.].
4. Criminal case opened after death of five workers at plant in Buryatia [Electronic resource] // TASS News Agency, 2022. URL: <https://tass.ru/proisshestiya/14398141> (date of access 27.05.2024). [In Russ.].
5. Seven Workers Die After Exposure to Gases At China Paper Mill [Electronic resource] // Manufacturing.net, 2015. URL: clck.ru/3ACbic (date of access 27.05.2024).
6. 12 workers killed in tunnel blast in China [Электронный ресурс] // The Financial Express, 2017. URL: <https://www.financialexpress.com/world-news/12-die-in-china-railway-tunnel-blast/651907/> (date of access 27.05.2024).
7. Crane collapse kills 16 workers in India [Electronic resource] // TimesLIVE, 2023. URL: <https://www.timeslive.co.za/news/world/2023-08-01-crane-collapse-kills-16-workers-in-india/> (date of access 27.05.2024).
8. At least 12 people were killed in an emergency at a mine in China [Electronic resource] // United news of india, 2023. URL: <https://www.uniindia.com/news/world/at-least-12-killed-13-injured-in-accident-at-coal-mine-in-china/3109347.html> (date of access 27.05.2024).
9. Monitoring of law enforcement practice [Electronic resource] // Federal Service for Labor and Employment, 2024. URL: <https://rostrud.gov.ru/room/monitoring-pravoprimenitelnoy-praktiki/> (date of access 27.05.2024). [In Russ.].
10. Mikhailenko E. D., Fomin A. I. Competence as the main component of the human factor. A comprehensive model of competencies in labor protection // Bulletin of the Scientific Center of the Eastern Research Institute for Industrial and Environmental Safety. 2022. No. 1. P. 58–70. [In Russ.].
11. On approval of the Model List of measures annually implemented by the employer to improve working conditions and labor protection, eliminate or reduce levels of professional risks or prevent an increase in their levels: order of the Ministry of Labor of Russia dated October 29, 2021 No. 771n [Electronic resource] // ConsultantPlus, 2021. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402380/ (date of access 27.05.2024). [In Russ.].
12. Gredasova N. V., Andreeva I. Yu. Ordinary differential equations: a tutorial. Ekaterinburg: Publishing house of the Ural. University, 2022. 88 p. [In Russ.].
13. Statistics of industrial injuries in Russia [Electronic resource] // URL: <https://oxrana-bez.ru/stati/statistika-travmatizma-na-proizvodstve-v-rossii/?ysclid=lnwndpktvb519721743> (date of access 27.05.2024). [In Russ.].
14. Terms of the Russian Emergencies Ministry [Electronic resource] // Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2024. URL: <https://mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/332> (date of access 27.05.2024). [In Russ.].
15. Constitution of the Russian Federation (adopted by popular vote on 12.12.1993 with amendments approved during the all-Russian vote on 01.07.2020). Moscow: TSENTRMAG, 2024. 92 p. [In Russ.].