Оригинальная статья / Original article

УДК 613.6

DOI: <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-1-103-113>

Профессиональные риски работников в авиационной промышленности

© И.А. Рябчикова, А.В. Петюкова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия*

Резюме: Авиационная промышленность России является одной из важнейших высокотехнологичных и наукоемких отраслей машиностроения. На авиастроительных предприятиях трудятся около 150 тыс. работников, условия труда которых часто не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям. Цель работы – анализ условий труда и оценивание профессиональных рисков для здоровья работников авиационной промышленности на примере авиационного завода. Объект исследования – Улан-Удэнский авиационный завод, являющийся крупнейшим предприятием Республики Бурятия и входящий в холдинг АО «Вертолёты России» государственной корпорации «Ростех». Установлено, что риск получения профессионального заболевания определяется преимущественно вредными физическими (производственный шум) и химическими (вредные вещества) факторами, а также тяжестью трудового процесса для всех исследуемых профессий. В частности, для профессий «клеящик силовой автатуры и мягких баков», «сборщик изделий» и «слесарь-монтажник гидроагрегатов» выявлены самые наибольшие отклонения уровней профессионального риска от максимально допустимого и характеризуют его как «высокий» и «средний». Рабочие места «обойщик», «обойщик по изготовлению стеломатов», «регулирующий электромеханических и радиотехнических приборов и систем» находятся в пределах допустимых условий труда. Сделан вывод о необходимости уменьшения профессиональных рисков путем модернизации производства и его технологических процессов: замена морально устаревшего оборудования современным, внедрение наилучших доступных технологий, автоматизация процессов.

Ключевые слова: авиационная промышленность, условия труда, профессиональные заболевания, производственный травматизм, профессиональный риск

Для цитирования: Рябчикова И.А., Петюкова А.В. Профессиональные риски работников в авиационной промышленности. XXI век. Техносферная безопасность. 2021;6(1):103–113. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-1-103-113>

Occupational risks in the aviation industry

© Irina A. Ryabchikova, Anastasia V. Petyukova

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia*

Abstract: The Russian aviation industry is one of the most important high-tech and science-intensive branches of machine building. The aircraft building enterprises employ about 150 thousand workers, whose conditions do not meet sanitary and hygienic requirements. The purpose of the article is to analyze working conditions and assess occupational health risks for aviation workers on the example of an aircraft plant. The object of research is Ulan-Ude Aviation Plant, which is the largest enterprise in the Republic of Buryatia and part of Russian Helicopters JSC. It was found that the risk of occupational diseases is determined by harmful physical (industrial noise) and chemical (harmful substances) factors, as well as severity of the labor process. The largest deviations of the levels of professional risk from the maximum permissible level were revealed for the following professions "screenman", "assembler" and "assembler of hydraulic units". The risks are "high" and "medium". For upholsterer and regulators of electromechanical and radio-technical equipment, the risks are within the permissible working conditions. It is necessary to reduce

professional risks by modernizing production and its technological processes: replacing obsolete equipment with modern one, introducing the best available technologies, and automating processes.

Keywords: aviation industry, working conditions, occupational diseases, industrial injuries, occupational risk

For citation: Ryabchikova IA, Petyukova AV. Occupational risks in the aviation industry. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost' = XXI century. Technosphere Safety*. 2021;6(1):103–113. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-1-103-113>

ВВЕДЕНИЕ

По оценкам экспертов Международной организации труда (ILO) и ВОЗ (WHO) в настоящее время существует более 150 профессиональных рисков, из которых около 100 являются источниками постоянной опасности для работников 2000 различных профессий. Проблема по идентификации и оценке профессиональных рисков в самых различных отраслях народного хозяйства актуальна во многих странах [1–10]. Среди исследований преобладают работы по вопросам оценки профессиональных рисков в строительстве [1, 2, 7], в алюминиевой промышленности [3], угольной отрасли [4, 8], нефтедобыче [10].

Авиационная промышленность России относится к крупной отрасли российского машиностроения, где осуществляется разработка и производство авиационной техники. В сфере самолётостроения Россия выпускает, в частности, истребители, бомбардировщики, учебно-боевые, военно-транспортные, пассажирские самолеты, а в сфере вертолётостроения – транспортные и боевые вертолёты¹. Основными производителями авиационной техники в России являются государственные холдинги «Объединённая авиастроительная корпорация» и «Вертолёты России». На территории России представлено более 20 крупных предприятий серийного производства,

четыре компании опытного и экспериментального авиастроения, авиационные заводы по ремонту техники и по изготовлению различных агрегатов. Российская авиационная промышленность включает в себя предприятия по производству авиационных двигателей (Пермь, Самара, Казань, Москва, Омск), самолётов (Иркутск, Новосибирск, Воронеж, Ульяновск) и вертолётов (Москва, Казань, Ростов, Улан-Удэ)².

На авиастроительных предприятиях трудятся около 150 тыс. работников, условия труда которых часто не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям. В зависимости от профессиональной принадлежности в авиационной промышленности существует значительное количество факторов производственной среды, которые могут стать причиной травматизма и профессиональной заболеваемости работников. Анализ официальных данных Госстатистики по травматизму показал, что среди всех ведущих видов экономической деятельности России лидирующую позицию занимают обрабатывающие производства, в том числе и авиапромышленность. Например, в 2018 г. уровень травматизма, включая смертельный, в этой отрасли превысил от 4,3 до 10 раз таковые по сравнению с другими отраслями. Удельный вес впервые зарегистрированных профессиональных патологий на до-

¹О холдинге «Вертолёты России» [Электронный ресурс] // rhc.aero.ru. URL: <https://www.rhc.aero/about> (17.02.2021)

²Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы: проект Государственной программы [Электронный ресурс] // Минпромторг России. URL: https://minpromtorg.gov.ru/search_results/?q_24 (17.02.2021)

лю профессиональных заболеваний среди работников обрабатывающих производств составил 27,32%. Основными причинами хронической профессиональной патологии определены старые технологии и средства труда.

Цель – анализ условий труда и оценивание профессиональных рисков для здоровья работников авиационной промышленности на примере авиационного завода г. Улан-Удэ Республики Бурятия.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – Улан-Удэнский авиационный завод (У-УАЗ), являющийся крупнейшим предприятием Республики Бурятия. Завод входит в холдинг АО «Вертолёты России» государственной корпорации «Ростех». В настоящее время на заводе осуществляется производство вертолетов серии Ми-8 разработки Московского вертолетного завода им. М.П. Миля: гражданские модели серии Ми-8АМТ и Ми-171, военные – Ми-8АМТШ и Ми-171Ш, а также выпускаются агрегаты и запасные части. В 2018 г. было запущено производство многоцелевых вертолетов Ка-226 Т³.

В состав предприятия входят различные структурные подразделения, среди которых четыре крупных завода, цеха по подготовке производства, одиннадцать цехов основного производства, а также вспомогательные подразделения.

В настоящей работе внимание уделено только цехам основного производства, где непосредственно осуществляется изготовление авиационной техники: завод агрегатной сборки (ЗАС-133), механосборочный завод (МСЗ-146), заготовительно-штамповочный завод (ЗШЗ-123), цех неме-

таллов (Цех-036) и контрольно-испытательный цех (Цех-055).

Краткая характеристика производственной деятельности этих объектов и перечень основных рабочих профессий приведен в табл. 1.

Расчет и оценка профессиональных рисков в настоящее время может осуществляться с использованием широкого набора методов и методик. Только ГОСТ Р 58771-2019⁴ описано более 40 методов (технологий) оценки профессиональных рисков. Стоит отметить, что ежегодно разрабатываются новые методы. Следовательно, универсальная методика оценки профессиональных рисков отсутствует. Каждый из используемых методов имеет свои достоинства и недостатки. В то же время можно отметить, что все они ориентированы на улучшение условий труда на рабочем месте, сохранение жизни и здоровья работника [11–18].

В настоящей работе были применены две наиболее информативные и широко используемые методики оценки профессионального риска [19].

Первая методика расчета ретроспективных профессиональных рисков базируется на статистической информации по производственному травматизму и профессиональной заболеваемости работников организации. На основе статистической информации по производственному травматизму рассчитываются показатели, отражающие частоту и тяжесть несчастных случаев, а также уровень профессиональной заболеваемости. К таким относительным статистическим показателям относятся: коэффициент частоты несчастных случаев (K_f); коэффициент тяжести несчастных случаев (K_t); коэффициент потерь (K_n); коэффициент частоты

³Легкий двухдвигательный вертолет Ка-226Т [Электронный ресурс] // rhc.aero.ru. URL: <https://www.rhc.aero/catalog/ka226t> (17.02.2021).

⁴ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска. Введ. 01.03.2020. М.: Стандартинформ, 2020.

несчастных случаев со смертельным исходом (K_{CM}); коэффициент обобщенных трудовых потерь (K_{OB}). На основе полученных значений частоты и тяжести несчаст-

ных случаев в организации рассчитывается вероятность безопасной работы $P(0)$ и риск травмирования R [19].

Таблица 1. Характеристика деятельности цехов основного производства У-УАЗ

Table 1. Characteristics of activities in the U-UAZ production shops

Объект	Вид производственной деятельности Основные виды работ	Основные рабочие профессии
ЗАС-133	Сборка авиационной техники Сборка фюзеляжей вертолетов Виды работ: сверление, зенкование, разделка классных отверстий; ударная клепка, прессовая клепка, монтаж трубопроводов, воздухопроводов; обезжиривание поверхностей; нанесение эмалей, грунтов, клеев, герметика; монтаж шасси и др.	Сборщик-клепальщик, герметизаторщик, слесарь-сборщик летательных аппаратов, оператор клепальных аппаратов
МСЗ-146	Виды работ: испытание изделий; отрезка заготовок; изготовление болтов, винтов, заклепок, валиков; обработка деталей узлов, агрегатов на фрезерных универсальных станках и станках с ЧПУ; склеивание деталей; электрохимическая обработка деталей и др.	Наладчик-оператор станков с ЧПУ, слесарь механосборочных работ, токарь, токарь-револьверщик, шлифовщик, фрезеровщик, заточник
ЗШЗ-123	Заготовительно-штамповочное (ЗШ) Слесарно-сварочное (СС) производство Виды работ: изготовление свинцово-цинковых штампов; полировка; электро- и газосварка, резка и пайка металлов; раскройные работы и др.	Слесарь механосборочных работ, электросварщик ручной сварки, газосварщик, чистильщик металла отливок, изделий и деталей, слесарь-инструментальщик
Цех-036	Изготовление резинотехнических изделий (РТИ), изделий из органического стекла, а также различных пошивочных изделий Виды работ: изготовлению изделий из пластических материалов; запрессовка, выпрессовка, правка и гибка пластмасс на гидравлических прессах; изготовление топливных баков; вулканизация резиновых изделий; пошив деталей из различных текстильных материалов, кожи; склеивание деталей, материалов	Сборщик изделий из стеклопластиков, обойщик по изготовлению стекломатов из стекловолокна, прессовщик изделий из пластмасс горячим способом, слесарь-сборщик изделий из органического стекла и вулканизаторщик
Цех-055	Контроль качества поставляемых покупных комплектующих изделий (ПКИ), изготавливаемых изделий, узлов и агрегатов	Регулировщик электромеханических и радиотехнических приборов и систем, слесарь-монтажник гидроагрегатов, регулировщик радиоэлектронной аппаратуры и приборов, слесарь-испытатель-консервировщик ПКИ, инженер-регулировщик электромеханических приборов и систем

Вторая методика определения прогностических профессиональных рисков основана на использовании материалов специальной оценки условий труда (СОУТ). В соответствии с этой методикой классы условий труда по всем рассматриваемым профессиям были переведены в условные баллы, по значениям которых рассчитывается относительный уровень безопасности и риска получения профессионального заболевания работником. Расчетные значения уровня профессионального риска по каждому рабочему месту необходимо сравнить с максимально допустимым риском для данного рабочего места. Это сопоставление необходимо для ранжирования рисков, требующих скорейшего вмешательства и корректировки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расчет и оценка ретроспективных профессиональных рисков. Профессиональные риски оценены в ретроспективе за 5 лет – с 2015 по 2019 гг. За этот период на предприятии зарегистрировано 60 несчастных случаев, в том числе один случай со смертельным исходом. За рассматриваемый период времени в анали-

зируемых цехах основного производства произошло 13 несчастных случаев.

По стандартным формулам [21] рассчитали статистические показатели, отражающие частоту и тяжесть несчастных случаев. На основании полученных значений этих показателей была оценена вероятность безопасной работы и риск травмирования. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Полученные результаты показали, что наибольший риск травмирования одного человека в течение года зафиксирован в Цехе-036 и составил 0,021. На ЗАС-133 и в Цехе-0,55 риск травмирования в течение года несколько ниже – 0,011–0,012. Наименьший уровень риска травмирования – в подразделениях МСЗ-146 и ЗШЗ-123.

Самый высокий уровень риска травмирования в течение всего трудового стажа (25 лет) определен для работников Цеха-036 и Цех-0,55, где значения риска составили, соответственно, 0,415 и 0,257, поэтому для основных рабочих мест этих структурных подразделений провели оценивание профессиональных рисков прогнозным методом.

Таблица 2. Показатели производственного травматизма на У-УАЗ

Table 2. Indicators of industrial injuries at the U-UAZ plant

Структурное подразделение	Коэффициент				Вероятность безопасной работы		Риск травмирования	
	частоты, K_f	тяжести, K_t	потерь, K_n	обобщенных трудовых потерь, $K_{об}$	в течение года	в течение трудового стажа в 25 лет	в течение года	в течение трудового стажа в 25 лет
ЗАС-133	10,712	0,141	1,515	1,51	0,989	0,765	0,011	0,235
Цех-036	21,429	0,957	20,510	20,51	0,979	0,585	0,021	0,415
МСЗ-146	3,530	0,051	0,181	0,18	0,996	0,916	0,004	0,084
ЗШЗ-123	5,894	0,843	4,968	4,97	0,994	0,863	0,006	0,137
Цех-055	11,905	0,286	3,401	3,40	0,998	0,743	0,012	0,257

Расчет и оценка профессиональных рисков прогнозированием методом. Оценка прогнозных профессиональных рисков проводится на рабочих местах на основании результатов СОУТ, полученных в период с 2015 по 2018 гг.

В цехе неметаллов (Цех-036) основными вредными производственными факторами являются повышенный уровень шума, тяжесть трудового процесса, а также вредные вещества в воздухе рабочей зоны. На рабочем месте клейщика силовой арматуры и мягких баков установлен самый высокий итоговый подкласс условий труда – 3.3 (вредные условия труда) – из-за превышения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Для рабочих мест в контрольно-испытательном цехе (055) условия труда характеризуются как вредные с итоговым подклассом условий труда 3.1. Превышения по нормативным значениям зафиксированы по уровню звукового давления и по вредным веществам в воздухе рабочей зоны. Условия труда регулировщика электро-механических и радиотехнических приборов и систем характеризуются как допустимые (табл. 3).

В целом анализ условий труда показал, что около 77% рабочих мест в Цехе-036 и Цехе-055 соответствуют классу труда «вредный». Следовательно, требуется проведение неотложных мероприятий по улучшению условий труда на этих рабочих местах.

В соответствии с прогнозной оценкой профессиональных рисков классы условий труда рассматриваемых профессий были переведены в условные баллы, по значениям которых рассчитан относительный уровень безопасности и риска получения профессионального заболевания работником (см. табл. 3). Ранжирование профессиональных рисков производилось по шкале отклонения факти-

ческого уровня риска от максимально допустимого [21]. Результаты оценки представлены на рис. 1 и 2.

Таким образом, в цехе неметаллов наибольшее отклонение уровня профессионального риска от максимально допустимого наблюдается для рабочих мест «клейщик силовой арматуры и мягких баков» и «сборщик изделий из стеклопластиков», что может быть обусловлено особенностями технологического процесса, поэтому первоочередные действия по уменьшению или устранению выявленных профессиональных рисков необходимо направить на эти рабочие места.

Для профессий «маляр», «клеевар-распределитель», «прессовщик изделий» и «слесарь» получены близкие значения отклонений уровней риска, характеризующие его как «средний». Рабочие места «обойщик» и «обойщик по изготовлению стекломатов» находятся в пределах допустимых условий труда.

В контрольно-испытательном цехе неметаллов наибольшее отклонение уровня профессионального риска от максимально допустимого выявлено для рабочего места «слесарь-монтажник гидроагрегатов», а для «регулировщика электро-механических и радиотехнических приборов и систем» отмечаются допустимые условия труда.

Для снижения уровня профессионального риска в целом необходима модернизация производства, замена морально устаревшего оборудования, внедрение современных технологий. Так, для улучшения условий рабочих мест «клейщика» и «сборщика изделий» предложен ряд корректирующих мероприятий: установка эффективной системы приточно-вытяжной вентиляции, ремонт полов на участке, замена опасных веществ на менее опасные, применение современных средств индивидуальной

защиты органов дыхания. Для слесаря-монтажника гидроагрегатов предусмотрено применение «активных» противозвучных наушников (типа 3М Peltor Оптим), введение удлиненных регламенти-

рованных перерывов, применение защитных очков закрытого типа, замена морально устаревшего пневмоинструмента на более безопасные модели.

Таблица 3. Профессиональные риски на рабочих местах на У-УАЗ

Table 3. Occupational risks at the U-UAZ plant

Наименование рабочего места (профессии)	Итоговый класс условий труда	Обобщенный уровень риска	Максимально допустимый уровень обобщенного риска	Отклонение фактического уровня риска от максимально допустимого, %	Уровень риска
Цех-036 неметаллов					
Маляр	3,2	0,714	0,614	16	Средний
Клеевар-распределитель	3,2	0,714	0,610	17	Средний
Клейщик силовой арматуры и мягких баков	3,3	0,874	0,651	34	Высокий
Обойщик	2	0,525	0,525	0	–
Обойщик (по изготовлению стекломатов)	2	0,606	0,606	0	–
Слесарь	3,1	0,691	0,617	12	Средний
Сборщик изделий из стеклопластиков	3,2	0,722	0,538	25,5	Средний
Прессовщик изделий из пластмасс горячим способом	3,2	0,828	0,726	14	Средний
Контрольно-испытательный Цех-055					
Регулировщик электромеханических и радиотехнических приборов и систем	2,0	0,525	0,525	0	–
Слесарь-монтажник гидроагрегатов	3,1	0,617	0,475	30	Высокий
Инженер-регулировщик электромеханических приборов и систем	3,1	0,682	0,612	10	Средний
Регулировщик радиоэлектронной аппаратуры и приборов, постоянно занятый на работах с источниками УКВ, УВЧ, СВЧ-излучений	3,1	0,617	0,531	14	Средний
Слесарь-испытатель-консервировщик ПКИ	3,1	0,538	0,462	14	Средний

Рис. 1. Отклонение фактического уровня профессионального риска от максимально допустимого на рабочих местах в подразделении Цеха-036

Fig. 1. Deviation of the actual level of professional risk from the maximum permissible at shop-036

Рис. 2. Отклонение фактического уровня профессионального риска от максимально допустимого на рабочих местах в Цехе-055

Fig. 2. Deviation of the actual level of professional risk from the maximum permissible at Shop-055

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительная оценка профессиональных рисков для работников некоторых основных подразделений Улан-Удэнского авиационного завода показала, что условия труда на исследуемых тринадцати рабочих местах различных профессий характеризуются в основном вредными условиями труда (подклассы 3.1–3.3) и, соответственно, высокими и средними уровнями профессиональных рисков. Для таких профессий как «клещик силовой арматуры и мягких баков»,

«сборщик изделий» и «слесарь-монтажник гидроагрегатов» выявлены самые наибольшие отклонения уровней профессионального риска от максимально допустимого. В данном случае требуются срочные корректирующие и предупреждающие мероприятия. Для снижения уровня профессионального риска в целом необходима модернизация производства, замена морально устаревшего оборудования, внедрение современных технологий и орудий труда.

Список литературы

1. Jannadi O.A., Almishari S. Risk assessment in construction // Construction Engineering and Management. 2003. Vol. 129 (5). P. 492–500. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:5\(492\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:5(492))
2. Faber M.H., Stewart M.G. Risk assessment for civil engineering facilities: critical overview and discussion // Reliability Engineering and System Safety. 2003. Vol. 80. P. 173–184. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(03\)00027-9](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(03)00027-9)
3. Aneziris O.N., Papazoglou I.A., Doudakmani O. Assessment of occupational risks in an aluminium processing industry // International Journal of Industrial Ergonomics. 2010. Vol. 40 (3). Pp. 321–329. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2010.01.005>
4. Zhu-Wu Z., Yong-Kui S., Guang-Peng Q., Ping-Yong B. Research on the Occupational Hazards Risk Assessment in Coal Mine Based on the Hazard Theory // Procedia Engineering. 2011. Vol. 26. P. 2157–2164. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2420>
5. Khanzode V.V., Maiti J., Ray P.K. Occupational injury and accident research: A comprehensive review // Safety Science. 2012. Vol. 50 (5). P. 1355–1367.
6. Emrah K., Mumtaz A.U. Worker safety and injury severity analysis of earthmoving equipment accidents // Journal of Safety Research. 2018. Vol. 65. P. 73–81.
7. Pinto A., Nunes I. L., Ribeiro R. A. Occupational risk assessment in construction industry – Overview and reflection // Safety Science. 2011. Vol. 49. Issue 5. P. 616–624.
8. Kasap Y., Subaş E. Risk assessment of occupational groups working in open pit mining: Analytic Hierarchy Process // Journal of Sustainable Mining. 2017. Vol. 16. Issue 2. P. 38–46.
9. Dhananjayan V., Ravichandran B. Occupational health risk of farmers exposed to pesticides in agricultural activities // Current Opinion in Environmental Science & Health. 2018. Vol. 4. P. 31–37.
10. Хамидуллина Е.А., Чемякин А.В. Прогнозная оценка риска ущерба здоровью в результате профессиональной деятельности в нефтедобыче // XXI век. Техносферная безопасность. 2018. Т. 3. № 2 (10). С. 108–116. <https://doi.org/10.2128/5/2500-1582-2018-2-108-116>
11. Cuny X., Lejeune M. Statistical modelling and risk assessment // Safety Science. 2003. Vol. 41. P. 29–51.
12. Boyd A., Radson D. Statistical analysis of injury severity rates // IIE Transactions. 1999. Vol. 31. P. 207–216.
13. Azadeh-Fard N., Schuh A., Rashedi E., Camelio J. A. Risk assessment of occupational injuries using Accident Severity Grade // Safety Science. 2015. Vol. 76. P. 160–167.
14. Marhavilas P.K., Koulouriotis D.E., Mitrakas C. On the development of a new hybrid risk assessment process using occupational accidents' data: Application on the Greek Public Electric Power Provider // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2011. Vol. 24. Issue 5. P. 671–687.
15. Liu H-T., Tsai Y-I. A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry // Safety Science. 2012. Vol. 50. Issue 4. P. 1067–1078.
16. Niskanen T., Naumanen P., Hirvonen M. L. An evaluation of EU legislation concerning risk assessment and preventive measures in occupational safety and health // Applied Ergonomics. 2012. Vol. 43. Issue 5. P. 829–842.

17. Papadopoulos G., Georgiadou P., Papazoglou C., Michaliou K. Occupational and public health and safety in a changing work environment: An integrated approach for risk assessment and prevention // *Safety Science*. 2010. Vol. 48. Issue 8. P. 943–949.
18. Papazoglou I. A., Aneziris O. N., Bellamy L. J., B. Ale J. M., Oh J. Multi-hazard multi-person quantitative occupational risk model and risk management

Reliability // Engineering & System Safety. 2017. Vol. 167. P. 310–326. <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.06.019>

19. Левашов С.П., Шкрабак В.С. Профессиональный риск: методология мониторинга и анализа: монография. Курган: Изд-во Курганского государственного университета, 2015. 308 с.

References

1. Jannadi OA, Almishari S. Risk assessment in construction. *Construction Engineering and Management*. 2003;129(5):492–500. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:5\(492\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:5(492))
2. Faber MH, Stewart MG. Risk assessment for civil engineering facilities: critical overview and discussion. *Reliability Engineering and System Safety*. 2003;80:173–184. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(03\)00027-9](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(03)00027-9)
3. Aneziris ON, Papazoglou IA, Doudakmani O. Assessment of occupational risks in an aluminium processing industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2010;40(3):321–329. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2010.01.005>
4. Zhu-Wu Z, Yong-Kui S, Guang-Peng Q, Ping-Yong B. Research on the Occupational Hazards Risk Assessment in Coal Mine Based on the Hazard Theory. *Procedia Engineering*. 2011;26:2157–2164. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2420>
5. Khanzode VV, Maiti J, Ray PK. Occupational injury and accident research: A comprehensive review. *Safety Science*. 2012;50(5):1355–1367.
6. Emrah K, Mumtaz AU. Worker safety and injury severity analysis of earthmoving equipment accidents. *Journal of Safety Research*. 2018;65:73–81.
7. Pinto A, Nunes IL, Ribeiro RA. Occupational risk assessment in construction industry – Overview and reflection. *Safety Science*. 2011;49(5):616–624.
8. Kasap Y, Subaş E. Risk assessment of occupational groups working in open pit mining: Analytic Hierarchy Process. *Journal of Sustainable Mining*. 2017;16(2):38–46.
9. Dhananjayan V, Ravichandran B. Occupational health risk of farmers exposed to pesticides in agricultural activities. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2018;4:31–37.
10. Khamidullina EA, Chemyakin AV. Prediction of health damage risks caused by professional activities in the oil production industry. *XXI vek. Tekhnosferная bezopasnost' = XXI century. Technosphere Safety*. 2018;3(2):108–116. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2018-2-108-116>
11. Cuny X, Lejeune M. Statistical modelling and risk assessment. *Safety Science*. 2003;41:29–51.
12. Boyd A, Radson D. Statistical analysis of injury severity rates. *IIE Transactions*. 1999;31:207–216.
13. Azadeh-Fard N, Schuh A, Rashedi E, Camelio JA. Risk assessment of occupational injuries using Accident Severity Grade. *Safety Science*. 2015;76:160–167.
14. Marhavilas PK, Koulouriotis DE, Mitrakas C. On the development of a new hybrid risk assessment process using occupational accidents' data: Application on the Greek Public Electric Power Provider. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2011;24(5):671–687.
15. Liu H-T, Tsai Y-I. A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. *Safety Science*. 2012;50(4):1067–1078.
16. Niskanen T, Naumanen P, Hirvonen ML. An evaluation of EU legislation concerning risk assessment and preventive measures in occupational safety and health. *Applied Ergonomics*. 2012;43(5):829–842.
17. Papadopoulos G, Georgiadou P, Papazoglou C, Michaliou K. Occupational and public health and safety in a changing work environment: An integrated approach for risk assessment and prevention. *Safety Science*. 2010;48(8):943–949.
18. Papazoglou IA, Aneziris ON, Bellamy LJ, Ale Ben, Oh J. Multi-hazard multi-person quantitative occupational risk model and risk management *Reliability. Engineering & System Safety*. 2017;167: 310–326. <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.06.019>
19. Levashov SP, Shkrabak VS. Professional risk: monitoring and analysis methodology. Kurgan: Kurgan State University; 2015. 308 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Рябчикова Ирина Алексеевна,
кандидат биологических наук,
доцент кафедры промышленной экологии

Information about the authors

Irina A. Ryabchikova,
Cand. Sc. (Biology),
Associate Professor of the Department

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА
HUMAN LIFE SAFETY

и безопасности жизнедеятельности,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
✉ e-mail: rjabchik@bk.ru

of Industrial Ecology and life safety,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., 664074 Irkutsk, Russia,
✉ e-mail: rjabchik@bk.ru

Петюкова Анастасия Витальевна,
магистрант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: nastya-petukova@mail.ru

Anastasia V. Petyukova,
Master's degree student,
Irkutsk National Research Technical University
83 Lermontov St., 664074 Irkutsk, Russia,
e-mail: nastya-petukova@mail.ru

Заявленный вклад автора

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the author's

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

*Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.*

*All authors have read and approved the final
manuscript.*

*Поступила в редакцию 12.02.2021.
Одобрена после рецензирования 02.03.2021.
Принята к публикации 09.03.2021.*

*The article was submitted 12.02.2021.
Approved after reviewing 02.03.2021.
Accepted for publication 09.03.2021.*