

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 613.6.027:631.372

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-1-64-72>

Методические особенности оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов

Ю.А. Широков¹, Р.Н. Егоров², Н.А. Мочунова³, Г.Е. Митягин⁴^{1,2,3,4} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия¹ shirokov001@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5196-7447>² egorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8483-9692>³ mochunova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9131-4472>⁴ mityagin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2667-9309>

Аннотация. Существующие методики оценки профессиональных рисков не учитывают объективных факторов, влияющих на их реализацию. Необходимо изменить подход к концепции оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов. Целью исследований стало выявление не учитываемых в известных методиках производственных факторов, рабочей среды и возможностей повышения качества оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов. Методика основана на изучении и обобщении материалов исследований влияния условий на рабочем месте и человеческого фактора при оценке профессиональных рисков. Уровень риска может зависеть от уровня финансового обеспечения мероприятий по улучшению условий и охраны труда, наличия вредных производственных факторов, повышающих утомляемость и снижающих внимание и скорость реакции (уровень шума и температура в кабине трактора). Показано, что повышение температуры на рабочем месте до 26...28°C снижает работоспособность по причине повышенной утомляемости на 20...25%. Установка систем кондиционирования не всегда снимает эту проблему, так как при температуре ниже 20°C повышаются утомляемость тракториста-машиниста на 15...20% и риск несчастных случаев. Аналогична и ситуация, связанная с шумом на рабочем месте: повышение шума на 10 ДБ пропорционально повышает утомляемость и снижает производительность труда. С целью учета факторов, влияющих на реализацию риска, при расчете коэффициентов опасности предложено использовать корректирующие коэффициенты, учитывающие влияние вредных производственных факторов, а также возраст на утомляемость тракториста-машиниста. Концепция введения корректирующих коэффициентов может быть положена в основу совершенствования методик по оценке профессиональных рисков и дальнейшему уточнению их значений. Предложенный методический подход повысит достоверность результатов оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов.

Ключевые слова: тракторист-машинист; утомляемость тракториста-машиниста; профессиональный риск; оценка профессиональных рисков; методика; корректирующие коэффициенты

Для цитирования: Широков Ю.А., Егоров Р.Н., Мочунова Н.А., Митягин Г.Е. Методические особенности оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов // Агроинженерия. 2026. Т. 28, № 1. С. 64-72. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-1-64-72>

ORIGINAL ARTICLE

Methodological features of professional risk assessment of tractor drivers

Yu.A. Shirokov¹, R.N. Egorov², N.A. Mochunova³, G.E. Mityagin⁴^{1,2,3,4} Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy; Moscow, Russian¹ shirokov001@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5196-7447>² egorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8483-9692>³ mochunova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9131-4472>⁴ mityagin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2667-9309>

Abstract. Existing occupational risk assessment methodologies often fail to sufficiently account for objective factors that influence risk realization. Consequently, there is a critical need to revise the conceptual approach to assessing risks for tractor and agricultural machinery operators. The study aims to identify overlooked

occupational and environmental factors to enhance the accuracy and quality of risk assessments. The methodology is based on a comprehensive synthesis of research regarding the impact of workplace conditions and human factors on safety. The study demonstrates that risk levels are significantly influenced by investments in occupational health and safety (OHS) measures, as well as the presence of environmental stressors – such as excessive noise and extreme cabin temperatures – that accelerate fatigue and impair attention and reaction speeds. Findings show that an increase in workplace temperature to 26-28°C reduces operator performance by 20-25%. Conversely, poorly regulated air conditioning (temperatures below 20°C) also increases fatigue and accident risk by 15-20%. Similarly, every 10 dB increase in noise level leads to a proportional rise in fatigue and a decline in productivity. To address these “risk intensification factors,” the authors propose the use of correction factors in hazard coefficient calculations. These factors account for the impact of environmental stressors, operator age, and other variables on fatigue. The proposed framework provides a scientific basis for refining occupational risk assessment methods and improving the reliability of safety evaluations for tractor and machinery operators.

Keywords: tractor driver; fatigue stress of a tractor driver; occupational risk; occupational risk assessment; methodology; correction factors

For citation: Shirokov Yu.A., Egorov R.N., Mochunova N.A., Mityagin G.E. Methodological features of professional risk assessment of tractor drivers. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2026;28(1):64-72 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-1-64-72>

Введение

Интенсивное развитие аграрных технологий и совершенствование машинно-тракторного парка, применение систем спутникового вождения повышают требования и к трактористам-машинистам как к основному человеческому ресурсу, обеспечивающему функционирование всей системы аграрных технологий [1, 2]. От работоспособности трактористов-машинистов зависят своевременность выполнения обязательных технологических операций, эффективность использования машинного времени и производительность труда [3].

Работоспособность и утомляемость трактористов-машинистов определяется, с одной стороны, теми условиями, которые созданы конструкторами и производителями тракторов и самоходных машин, с другой стороны – условиями труда, организованными работодателями. Однако в большинстве случаев эти условия не всегда соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям, что ведет к повышенной утомляемости ежедневно и к профессиональным болезням при длительной работе [4].

В 2024 г. установлено более 4000 профзаболеваний трактористов-машинистов. Преимущественно профессиональные заболевания отмечены у опытных трактористов-машинистов со стажем 10 лет и более. За эти годы проявляются патология опорно-двигательного аппарата, органов дыхания, вибрационная болезнь и нейросенсорная тугоухость. Среди базовых причин, вызывающих профессиональные заболевания, отмечаются конструктивные недостатки машин и оборудования, несовершенство технологических

процессов, несоблюдение требований охраны и безопасности труда [5].

Трактористы-машинисты постоянно находятся в зоне неприемлемого риска несчастных случаев, вследствие чего ежегодно сотни несчастных случаев приводят к инвалидности или к смертельным исходам. Все перечисленное снижает престиж профессии и может поставить под угрозу продовольственную безопасность страны.

Для решения накопленных проблем необходима системная работа конструкторов и производителей сельскохозяйственных машин, организаторов полевых и ремонтных работ, служб охраны и безопасности труда. Основой для принятия объективных управленческих решений может быть достоверная оценка профессиональных рисков заболеваний и несчастных случаев в каждом предприятии аграрного бизнеса.

Оценка профессиональных рисков регламентирована в качестве обязательной процедуры изменениями Трудового кодекса РФ 2022 г. Для этого разработан и рекомендован ряд методик, позволяющих выполнить оценку профессиональных рисков. Однако накопленный опыт их применения показывает, что многие объективные факторы, серьезно влияющие на реализацию профессиональных рисков, в методике не учтены [6, 7].

Цель исследований: выявление неучитываемых факторов трудового процесса и рабочей среды, оказывающих влияние на реализацию профессиональных рисков и концептуальных возможностей повышения качества оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов.

Материалы и методы

Методика основана на изучении и обобщении материалов исследований по влиянию условий на рабочем месте и человеческого фактора на утомляемость, снижение внимания и скорости реакций, что должно быть учтено при оценке профессиональных рисков трактористов-машинистов [4, 5].

Оценка профессиональных рисков – это процесс анализа вероятности наступления нежелательных событий на данном рабочем месте и потенциального ущерба от этих событий для жизни и здоровья работника.

Не все рекомендованные методы оценки профессиональных рисков позволяют выполнить ее с достаточной достоверностью. Многие авторы отмечают отсутствие единых понятий, терминов и определений в области управления профессиональными рисками даже в более простых условиях труда работников других профессий. Применяются многочисленные узконаправленные методики для отдельных отраслей, профессий, видов деятельности, что затрудняет их эффективное использование [8, 9].

Качественные методы оценки профессиональных рисков основаны на субъективной оценке уровня риска с использованием экспертных мнений и описательных характеристик. Оценки «Низкий риск» или «Высокий риск» не позволяют принять четко направленных решений и эффективно управлять снижением рисков.

Количественные методы являются более точными и позволяют объективнее сопоставлять риски на рабочих местах разных профессий и организаций. Все эти методы сводятся к вероятностной оценке рисков, но при этом требующей значительного массива исходной информации¹. При этом ни одна из рекомендованных методик не учитывает ряда объективных факторов, заметно влияющих на реализацию риска.

Результаты и их обсуждение

Анализ влияния кадрового обеспечения служб охраны труда на реализацию риска несчастных случаев и травматизма показал, что в тех сельскохозяйственных предприятиях, где работы по охране и безопасности труда делегированы специалистам, выполняющим требования профессионального стандарта

¹ Стандарт СТО.СУОТ.Р.–01-01-19 «Идентификация опасностей, оценка и управление профессиональными рисками. Оценка результативности принятых мер по снижению уровня профессиональных рисков». Ассоциация «Объединение организаций, оказывающих услуги в области охраны труда, 2019. С. 32.

40.054, уровень травматизма и профзаболеваний минимален. Так, если принять этот уровень за 1, то данный показатель растет примерно на 20%, когда должность специалиста по охране труда занимает специалист с высшим инженерным образованием; когда со средним специальным – в 1,5 раза; со средним общим – в 2,5 раза. А там, где данную работу поручают работнику с начальным образованием (практику), эти показатели возрастают в 3,3...3,5 раза. Эти данные подтверждены в национальном стандарте ГОСТ Р 12.0.011-2017: «...вероятность наступления несчастного случая» связана со «...степенью нашей недоработки по его предотвращению». Другими словами, при оценке профессионального риска работников необходимо учитывать уровень компетенции специалистов служб охраны труда аграрных предприятий, которые обязаны разрабатывать и организовывать реализацию мероприятий по снижению профессиональных рисков трактористов-машинистов.

С квалификацией специалистов по охране труда тесно связан уровень финансирования мероприятий по улучшению условий труда. Недостаточный уровень компетенции не позволяет работодателю обосновать необходимость выполнения мероприятий по охране и безопасности труда, показать связь этих мероприятий с повышением производительности труда и ростом рентабельности бизнеса [6]. На предприятиях аграрного бизнеса на мероприятия по улучшению условий и безопасности труда в среднем расходуется 5...8 тыс. руб. на работника, тогда как в машиностроении, при добыче полезных ископаемых и в строительстве эти расходы достигают 13...14 тыс. руб. Соответственно в этих сферах снижается риск несчастных случаев, уменьшается число пострадавших работников (рис. 1).

При оценке риска важно учитывать и возрастные различия когнитивных способностей работников, влияющих на безопасность труда трактористов-машинистов: внимание, скорость реакции, рабочая память и др. [6, 7]. С повышением возраста происходят естественные и неотвратимые физиологические процессы, влияющие на когнитивные способности человека, напрямую связанные с вероятностью произвольных ошибок в процессе трудовой деятельности: изменяются рабочая память (рис. 2а), скорость обработки информации (рис. 2б), и как следствие – скорость принятия решения и скорость реакции на чрезвычайные ситуации [8-10].

Необходимо учитывать изменения когнитивных способностей человека при подготовке процесса

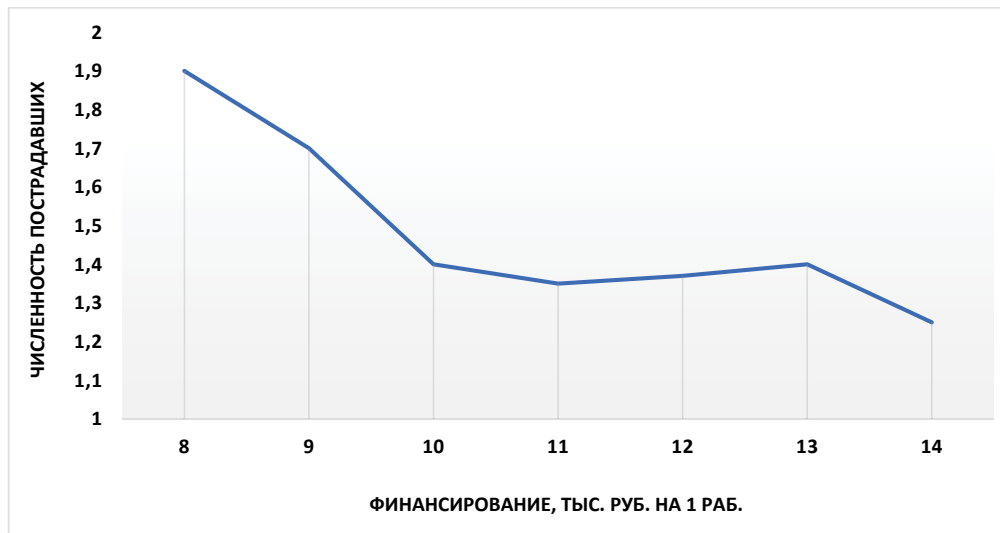


Рис. 1. Связь числа пострадавших от несчастных случаев работников с уровнем финансирования мероприятий по улучшению охраны и условий труда
(разработано авторами на основе материалов исследований [6])

Fig. 1. Relationship between occupational accident rates and funding levels for safety and health measures
(Prepared by the authors based on research data from [6])

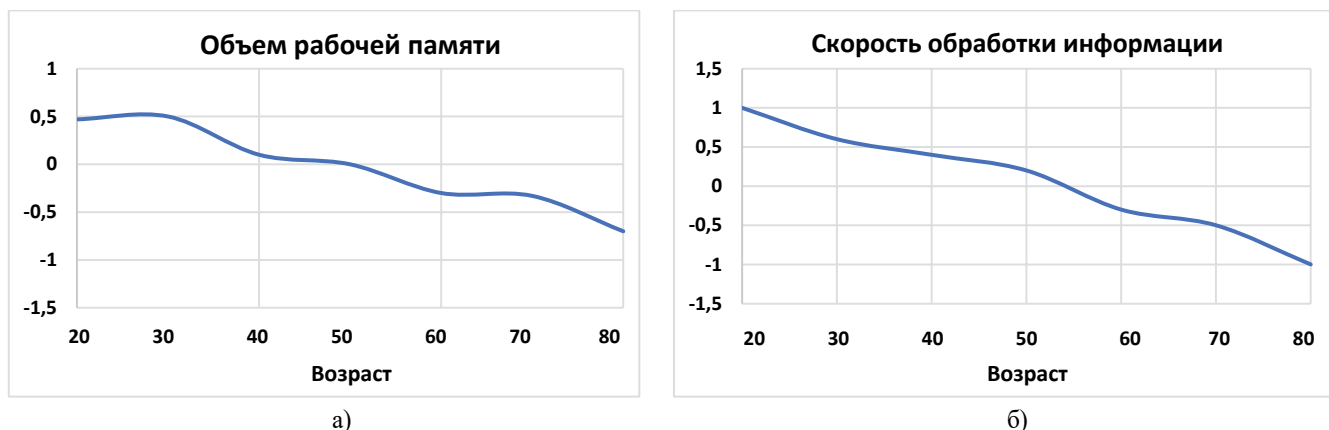


Рис. 2. Изменение объема рабочей памяти (а) и скорости обработки информации (б) с возрастом
(разработано авторами на основании анализа исследований [10])

Fig. 2. Age-related changes in working memory capacity (a) and information processing speed (б)
(Prepared by the authors based on [10])

оценки и управления рисками. Учет этих закономерностей становится особенно актуальным в связи с ростом числа работников старше 60 лет ввиду повышения пенсионного возраста.

На утомляемость тракториста-машиниста в любом возрасте влияют вредные производственные факторы, уровень которых методики оценки риска не учитывают. Достаточно показать, например, только один из параметров микроклимата на рабочем месте – уровень температуры воздуха [11, 12] (рис. 3).

Исследования Ф.М. Шлейфмана показали, что в летнее время повышение температуры на рабочем месте до 26...28°C снижает производительность труда вследствие снижения работоспособности по причине повышенной утомляемости на 20...25%.

По данным Ф.М. Шлейфмана, в реальных условиях эксплуатации машинно-тракторных агрегатов наблюдалось следующее:

– Тракторы мощностью 80 л.с. При температуре наружного воздуха 21...29°C его значение в кабине составило 24...38°C. В особо жаркие дни (35...36°C) при открытых дверцах и окнах температура на уровне пола достигала 41...43°C, у потолка – 39...42°C. При закрытых окнах и дверцах температура воздуха в кабине превышала наружную на 7...14°C.

– Тракторы мощностью 35...40 л.с. Температура в кабине была выше наружной на 4...6°C.

– Трактор К-700. В закрытой кабине летом температура воздуха в течение дня повышалась до 39,4°C.



Рис. 3. Влияние температуры воздуха на рабочем месте на производительность труда вследствие утомляемости работника
(разработано авторами на основании анализа материалов исследований Ružić et al. [11])

Fig. 3. Influence of workplace temperature on labor productivity as a function of an operator's fatigue
(Prepared by the authors based on Ružić et al [11])

– При работе весной и осенью температура воздуха в кабине составляла 0,9...5,1°C. Перепад температуры воздуха по вертикали увеличивался до 15°C. В результате исследований была установлена значительная разность температур между левой (правой) ногой и головой оператора – 4...4,4 и 1,8...2,1°C соответственно.

Установка систем кондиционирования не всегда снимает эту проблему, так как работник стремится установить летом температуру ниже 20°C, что в меньшей степени, но повышает утомляемость (на 15...20%). Но при выходе из кабины в поле к рабочим агрегатам для контроля, регулировок, загрузок семян, агрохимикатов и др. повышается и риск простудных заболеваний в связи с перепадом температур.

Практика показывает, что наличие кондиционера создает еще один риск для здоровья трактористов-машинистов – легионеллез – болезнь, вызываемую бактериями «*Legionella pneumophila*», которые развиваются в условиях теплой влажной среды фильтров кондиционеров при накоплении органической или почвенной пыли. Это требует серьезного подхода к своевременному обслуживанию кондиционеров тракторов и мобильных сельскохозяйственных машин.

Еще один из неучитываемых, но серьезно влияющих на профессиональный риск трактористов-машинистов факторов – шум на рабочем месте [13, 14], что вызывает развитие нейросенсорной тугоухости, повышение ежедневной утомляемости, снижающей производительность труда (рис. 4), и не только. Утомляемость по причине постоянного шума выхлопной

системы двигателя трактора, движущихся рабочих органов прицепных или навесных машин снижает внимание, скорость реакции, что повышает риски несчастных случаев.

Также на уровень шума влияет расположение рабочего места относительно источников шума: на маломощных тракторах тракторист-машинист часто оказывается ближе к двигателю, что обуславливает относительно более высокий уровень шума.

Тракторы производства Волгоградского тракторного завода выпуска 1993-2000 гг. имели уровень шума 78...80 дБА, что соответствовало санитарным правилам по устройству тракторов и сельскохозяйственных машин – 80 дБА. После модернизации кабины уровень шума в тракторе «Агромаш-90ТГ 1040А» производства Волгоградского тракторного завода выпуска 2012-2015 гг. повысился до 88...90 дБА. В кабинах тракторов типа «Кировец» летом уровень шума превышает нормативные требования в среднем на 11...12 дБА. В кабинах тракторов ДТ-75 уровень шума значительно выше допустимого уровня и достигает 105 дБА. Методиками оценки профессиональных рисков отмеченные факторы не учтены².

Зная особенности влияния перечисленных факторов на утомляемость, рабочую память, скорость реакции, можно более уверенно управлять профессиональными рисками трактористов-машинистов. Для этого при оценке профессиональных рисков

² Стандарт СТО.СУОТ.Р.–01-01-19 «Идентификация опасностей, оценка и управление профессиональными рисками. Оценка результативности принятых мер по снижению уровня профессиональных рисков». Ассоциация «Объединение организаций, оказывающих услуги в области охраны труда», 2019. С. 32.

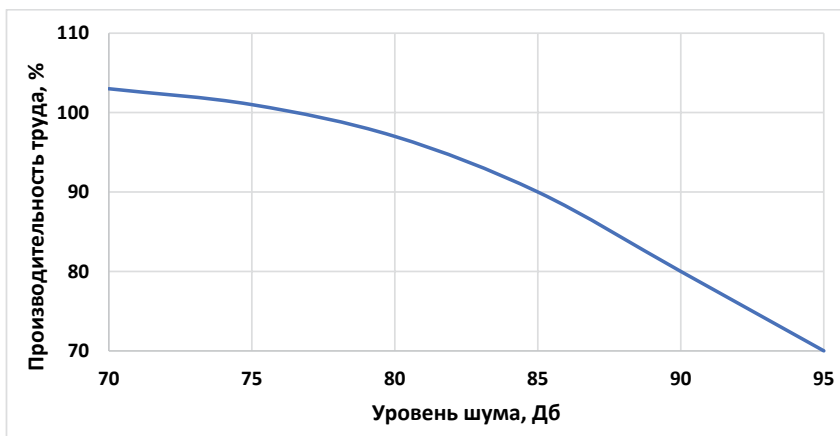


Рис. 4. Влияние уровня шума на рабочем месте на производительность труда вследствие утомляемости работника
(разработано авторами на основании исследований [13, 14])

Fig. 4. Influence of workplace noise level on labor productivity as a function of an operator’s fatigue
(Prepared by the authors based on [13, 14])

целесообразно ввести дополнительные элементы в расчет индекса профессионального риска.

Предложения к совершенствованию методики оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов. Расчет профессионального риска (R) на рабочем месте предлагается производить на основе расчета известного индекса профессионального риска $R_{пр}$ по формуле:

$$R_{пр} = V_{оп} \cdot P_{оп} \cdot F_{оп},$$

где $V_{оп}$ – вероятность опасности, баллы по 10-балльной шкале; $P_{оп}$ – подверженность опасности, баллы по 10-балльной шкале; $F_{оп}$ – последствия опасности, баллы по 10-балльной шкале.

Это поможет оценить уровень проблемы и понять, как срочно и какие меры необходимо принять. Полученные результаты расчетов сопоставляют с данными таблицы 1.

В качестве примера такого подхода оценим риск падения тракториста при выходе из кабины, чтобы очистить рабочие органы агрегируемых машин от налипания почвы и пожнивных остатков. Допустим, что возраст тракториста-машиниста – 55 лет, уровень шума в кабине трактора составляет 90 дБ, а температура воздуха достигает 28°C.

А) Вероятность опасности: в результате опроса экспертов определяем, что это 2 балла из 10, так как риск является нехарактерным, поскольку статистика показывает регистрацию только трех несчастных случаев на 1000 работников в этом процессе за последние три года. Однако утомление работника вследствие воздействия внешних факторов (шум, высокая или низкая температура в кабине трактора) повысит риск. Чтобы учесть эти значения, введем корректирующие показатели.

Корректирующие показатели могут быть определены по результатам исследований влияния фактора производственной среды и трудового процесса на утомление работника (косвенно – на снижение производительности труда). Например, для определения корректирующего показателя влияния шума в 90 дБ на утомление отметим на рисунке 5 точку пересечения условной вертикальной линии от значения 90 дБ на шкале уровня шума и проведем горизонтальную линию до пересечения со шкалой производительности труда (утомление). Получаем 80%, или 0,8 в относительных единицах.

Корректирующий показатель влияния шума k_n получаем в результате анализа данных рисунка 4 (табл. 2).

Таблица 1
Балльная оценка и значимость риска³

Scoring and the importance of risk³

Значимость риска	Оценка риска, баллы
Малый риск	0...20
Умеренный риск	21...70
Значительный риск	71...200
Высокий риск	201...400
Сверхвысокий риск	400...1000

³ Стандарт СТО.СУОТ.Р-01-01-19 «Идентификация опасностей, оценка и управление профессиональными рисками. Оценка результативности принятых мер по снижению уровня профессиональных рисков». Ассоциация «Объединение организаций, оказывающих услуги в области охраны труда», 2019. С. 32.

Таблица 2

Корректирующий показатель влияния шума

Table 2

Correction indicator of the noise effect

Уровень шума, дБ	80	84	90	92	96	100
Корректирующий показатель, k_h	1,0	0,92	0,8	0,76	0,7	0,6

Вероятность опасности ($Vk_{онh}$, балл) падения работника, утомленного воздействием шума, –

$$Vk_{онh} = V_{он} / k_h,$$

где $V_{он}$ – вероятность опасности, баллы по 10-балльной шкале; k_h – корректирующий коэффициент, учитывающий влияние шума на рабочем месте на утомление работника.

Для оценки влияния отклонения температуры от оптимальных значений введем корректирующий коэффициент теплового влияния k_t (табл. 3).

Вероятность опасности падения работника, утомленного воздействием неоптимальной температуры, –

$$Vk_{онт} = V_{онт} / k_t,$$

где $V_{онт}$ – вероятность опасности, баллы по 10-балльной шкале; k_t – корректирующий коэффициент, учитывающий влияние температуры на утомление работника.

Б) Подверженность риску – 3 балла по 10-балльной шкале (оценивается экспертно или на основании статистики несчастных случаев). Для этой характеристики введем корректирующий коэффициент возраста k_T (табл. 4).

Подверженность опасности падения возрастного работника (возрастание вероятности с возрастом) –

$$Pk_{пра} = P_{пр} / k_a,$$

где $P_{пр}$ – подверженность риску, баллы по 10-балльной шкале; k_a – корректирующий коэффициент, учитывающий влияние возраста на подверженность работника риску.

В) Последствия реализации риска – 4 балла по 10-балльной шкале, так как при оценке последствий желательно выбирать наиболее худший случай (есть вероятность того, что тракторист-машинист может получить тяжелую травму). Последствия травмы, их тяжесть и период восстановления также находятся в зависимости от возраста:

$$Fk_{пра} = F_{пр} / k_{га},$$

где $F_{пр}$ – вероятность тяжести последствий реализации риска, баллы по 10-балльной шкале; $k_{га}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий влияние возраста на тяжесть последствий реализации риска.

Ориентировочные значения корректирующего коэффициента в этом случае можно применить из таблицы 4. В итоге индекс профессионального риска падения при выходе из кабины трактора составляет: $[2/(0,8 \cdot 0,6)] \cdot (3/0,6) \cdot (4/0,6) = 138$.

В соответствии с таблицей 1 риск является значительным.

Без учета корректирующих коэффициентов индекс профессионального риска имел бы значение $2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$ (умеренный риск).

Таким образом, введение корректирующих коэффициентов позволит повысить внимание организаторов предприятий по отношению к работникам, которые трудятся в неблагоприятных условиях, повышающих их утомляемость, а по отношению к трактористам-машинистам «нового» предпенсионного возраста – тем более.

Таблица 3

Корректирующий коэффициент теплового влияния

Table 3

Correction factor of the thermal effect

Температура, °С	14	18	20	24	26	28	30
Корректирующий показатель, k_t	0,45	0,6	0,8	1,0	0,8	0,6	0,45

Таблица 4

Корректирующий коэффициент влияния возраста

Table 4

Age correction factor

Возраст, лет	40	45	50	55	60	65
Корректирующий показатель, k_T	2	1,1	1,0	0,8	0,6	0,55

Выводы

В результате выполненного анализа показан ряд известных, но неучитываемых факторов трудового процесса и рабочей среды: например, шум и температура на рабочем месте тракториста-машиниста, повышающих утомляемость, и как следствие – риск несчастных случаев. Учет этих факторов может быть положен в основу концепции по совершенствованию методов оценки профессионального риска.

Учет названных факторов возможен путем углубления исследований влияния факторов рабочей среды и трудового процесса на утомление работников и снижение внимания, скорости реакций и др., а также введения соответствующих корректирующих коэффициентов. Их уточнение должно стать одной из целей дальнейших исследований применительно к различным условиям труда и вредным производственным факторам.

Список источников

1. Junkes V.H. et al. Occupational risks of work in the agricultural sector: a systematic literature review. *Production*. 2024;34(2): e20230042. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20230042>
2. Широков Ю.А. Анализ возможностей по управлению себестоимостью продукции растениеводства // *Аграрная Россия*. 2020. № 2. С. 32-39. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-2-32-39>
3. Broder J.F., Tucker E. Risk analysis and the security survey. URL: https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123822338/Front_Matter.pdf <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63855-1> (дата обращения: 22.02.2020)
4. Shirokov Y., Tikhnenko V. Analysis of environmental problems of crop production and ways to solve them. *E3S Web of Conferences*. 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021. Rostov-on-Don, 2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301025>
5. Cordova-Pozo K., Rouwette E.A.J.A. Types of scenario planning and their effectiveness: A review of reviews. *Futures*. 2023;149:103153. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103153>
6. Король Е.А., Дегаев Е.Н. Анализ эффективности затрат на мероприятия по охране труда // *Вестник МГСУ*. 2024. № 19 (1). С. 67-76. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2024.1.67-76>
7. Silva J.M.N., Bispo L.G.M., Leite W.K.S. et al. Assessing the link between occupational risk factors, work-related musculoskeletal disorders and quality of work life: An analysis using PLS-SEM. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2024;104(4):103658. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2024.103658>
8. Wong I., Swanson N. Approaches to managing work-related fatigue to meet the needs of American workers and employers. *Am J Ind Med*. 2022;65(11):827-831. <https://doi.org/10.1002/ajim.23402>
9. Широков Ю.А. Оценка рисков в связи с повышением пенсионного возраста // *Охрана труда в промышленности*. 2020. № 6. С. 29-34. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-6-29-34>
10. Hart J., Hartová V. Development of microclimate in the New Holland T6.165 tractor. *Research in Agricultural Engineering*. 2023;69(4):206-210. <https://doi.org/10.17221/27/2023-RAE>
11. Ružić D., Homa D., Simikić M. et al. Comparative experimental study of microclimate conditions in farm tractor cabs. *Sādhanā*. 2023;258(48). <https://doi.org/10.1007/s12046-023-02306-w>
12. Ferguson J.M. et al. Distribution of working hour characteristics by race, age, gender, and shift schedule among U.S. manufacturing workers. *Chronobiology International*. 2023;40(3):310-323. <https://doi.org/10.1080/07420528.2023.2168200>

References

1. Junkes V.H. et al. Occupational risks of work in the agricultural sector: a systematic literature review. *Production*. 2024;34(2): e20230042. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20230042>
2. Shirokov Yu.A. Analysis of opportunities to manage the cost of crop production. *Agrarnaya Rossiya*. 2020;2:32-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-2-32-39>
3. Broder J.F., Tucker E. Risk analysis and the security survey. URL: https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123822338/Front_Matter.pdf <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63855-1> (дата обращения: 22.02.2020).
4. Shirokov Y., Tikhnenko V. Analysis of environmental problems of crop production and ways to solve them. *E3S Web of Conferences*. 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021. Rostov-on-Don, 2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301025>
5. Cordova-Pozo K., Rouwette E.A.J.A. Types of scenario planning and their effectiveness: A review of reviews. *Futures*. 2023;149:103153. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103153>
6. Korol' E.A., Degayev E.N. Cost-effectiveness analysis of labour protection measures. *Vestnik MGSU*. 2024;19(1):67-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2024.1.67-76>
7. Silva J.M.N., Bispo L.G.M., Leite W.K.S. et al. Assessing the link between occupational risk factors, work-related musculoskeletal disorders and quality of work life: An analysis using PLS-SEM. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2024;104(4):103658. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2024.103658>
8. Wong I., Swanson N. Approaches to managing work-related fatigue to meet the needs of American workers and employers. *Am J Ind Med*. 2022;65(11):827-831. <https://doi.org/10.1002/ajim.23402>
9. Shirokov Yu.A. Risk assessment in the field of occupational safety in connection with a retirement-age increase. *Occupational Safety in Industry*. 2020;6:29-34. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-6-29-34>
10. Hart J., Hartová V. Development of microclimate in the New Holland T6.165 tractor. *Research in Agricultural Engineering*. 2023;69(4):206-210. <https://doi.org/10.17221/27/2023-RAE>
11. Ružić D., Homa D., Simikić M. et al. Comparative experimental study of microclimate conditions in farm tractor cabs. *Sādhanā*. 2023;258(48). <https://doi.org/10.1007/s12046-023-02306-w>
12. Ferguson J.M. et al. Distribution of working hour characteristics by race, age, gender, and shift schedule among U.S. manufacturing workers. *Chronobiology International*. 2023;40(3):310-323. <https://doi.org/10.1080/07420528.2023.2168200>

13. Barač Željko et al. Noise in the cabin of agricultural tractors. *Tehnicki vjesnik. Technical Gazette*. 2018;25(6):1611-1615. <https://doi.org/10.17559/TV-20170223093448>

14. Han S. et al. Ontology-based noise source identification and key feature selection: A case study on tractor cab. *Shock and Vibration*. 2019;1:1-14. <https://doi.org/10.1155/2019/6572740>

Информация об авторах

¹ Широков Юрий Александрович, д-р техн. наук, профессор; shirokov001@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5196-7447>; SPIN-код: 4709-9965

² Егоров Роман Николаевич, канд. техн. наук, доцент; egorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8483-9692>; SPIN-код: 7265-9727

³ Мочунова Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент; mochunova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9131-4472>; SPIN-код: 7194-0201

⁴ Митягин Григорий Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент; mityagin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2667-9309>; SPIN-код: 8420-7615

^{1,2,3,4} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

Вклад авторов:

Широков Ю.А. – концептуализация, методология, руководство исследованиями;

Егоров Р.Н. – верификация данных, формальный анализ, проведение исследований;

Мочунова Н.А. – проведение исследований, администрирование данных, создание черновика рукописи;

Митягин Г.Е. – создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 18.05.2025, после рецензирования и доработки 13.01.2026; принята к публикации 19.01.2026

13. Barač Željko et al. Noise in the cabin of agricultural tractors. *Tehnicki vjesnik. Technical Gazette*. 2018;25(6):1611-1615. <https://doi.org/10.17559/TV-20170223093448>

14. Han S. et al. Ontology-based noise source identification and key feature selection: A case study on tractor cab. *Shock and Vibration*. 2019;1:1-14. <https://doi.org/10.1155/2019/6572740>

Author Information

Yuri A. Shirokov¹, DSc (Eng), Professor, shirokov001@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5196-7447>; ResearcherID: AAE-5952-2022; Scopus Author ID: 57218279205

Roman N. Egorov², CSc (Eng), egorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8483-9692>;

Natalia A. Mochunova³, CSc (Eng), Associate Professor; mochunova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9131-4472>; Scopus Author ID: 57321699300

Grigory E. Mityagin⁴, CSc (Eng), Associate Professor, mityagin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2667-9309>

^{1,2,3,4} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

Author Contribution

Yu.A. Shirokov – conceptualization, methodology, research supervision;

R.N. Egorov – data verification, formal analysis, investigation;

N.A. Mochunova – investigation, data curation, writing – original draft;

G.E. Mityagin – writing – manuscript review and editing.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests and are responsible for plagiarism

Received 18.05.2025; Revised 13.01.2026; Accepted 19.01.2026