

Н. О. Зонова

ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНОСТЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. В работе рассмотрены основные компоненты учета влияния человеческого фактора. Сложность оценить количественно человеческий фактор является основной проблемой его учета при оценке рисков воздействия опасностей. Многие авторы разрабатывают методы количественной оценки профессиональных, физиологических, антропометрических и других свойств человека. Основная сложность заключается в оценивании психофизиологических свойств, так как методы их оценивания носят, чаще всего, только качественный характер. Автором предлагается метод количественной оценки психофизиологических особенностей работника, как наиболее важный компонент человеческого фактора, влияющий на риск возникновения опасностей на производстве.

Предложен метод оценки риска воздействия опасностей с учетом влияния человеческого фактора. Оценка заключается в применении четырех основных параметров: вероятность воздействия опасности, вероятность попадания работника в зону воздействия опасности, состояние человека, при котором он перестает воспринимать опасность, характеризуется комплексом психофизиологических свойств личности человека, определяющее его безопасное взаимодействие в системе «человек-техническая система-производственная среда», тяжесть неблагоприятных последствий.

Метод оценки риска воздействия опасностей с учетом влияния человеческого фактора обеспечивают практическую применимость для руководителей производственных предприятий и служб охраны труда, способствуя повышению эффективности профилактических мероприятий и адаптации стратегий оценки профессионального риска к различным отраслям.

Ключевые слова: риск воздействия, человеческий фактор, количественная оценка риска, фактор возникновения опасности, время попадания в зону опасности.

Для цитирования: Зонова, Н. О. Проблемы учета человеческого фактора при количественной оценке рисков воздействия опасностей на производстве / Н. О. Зонова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – №. 4 – С. 35–41. – DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_35.

Реализация производственных процессов и технологических операций на производстве неразрывно связана опасностями и не может быть абсолютно безопасной для человека, так как существует всегда вероятность возникновения ситуации, когда воздействие опасностей становится неотвратимой [1].

Человеческий фактор характеризует взаимоотношения между работниками и системами, в которых они трудятся. Пока существует в системе «человек – техническая система – производственная среда» основное слабое звено – человек, определяющий надежность и безопасность функционирования системы в целом, то не будет ни одной ситуации на производстве, в которой не присутствовал бы человеческий фактор, в той или иной степени.

Целью данной работы является выявить проблемы количественного учета влияния человеческого фактора на риск воздействия опасностей на производстве.

Исходя из того, что пока не существует один единственный универсальный метод оценки рисков, который подойдет для организации любой отрасли, в работе предлагается метод оценки, который позволит оценить риск воздействия опасностей с учетом влияния человеческого фактора в той организации, где существует данная необходимость [1].

В работе предлагается процедура оценки риска воздействия опасностей с учетом влияния человеческого фактора представляет собой процесс определения вероятности реализации тех или иных внештатных ситуаций во время выполнения работником обязанностей, заканчивающихся воздействием опасностей на организм работающего, так и тяжести неблагоприятных последствий [2].

Человек обладает неким комплексом компонентов, позволяющих ему жить и безопасно выполнять работу, в комплекс входят профессиональные, психофизиологические, физиологические, биомеханические, антропометрические и прочие свойства, которые определяются критериями функционального соответствия человека и техники, с учетом их изменения.

Перечислим основные проблемы, затрудняющие количественную оценку влияния человеческого фактора:

1. поведение сотрудников определяется сочетанием психофизиологических характеристик, профессиональных характеристик, организационных условий и внешних факторов, эти элементы взаимодействуют сложно и часто нелинейно.
2. сложность определить степень влияния человеческого фактора наряду с техническими и организационными причинами несчастных случаев, пока человек находится в системе «человек – техническая система – производственная среда» его влияние будет присутствовать в любом несчастном случае в той или иной степени;
3. субъективность и измеримость психологических переменных: мотивация, тревожность, стрессы, восприятие риска и культура безопасности и т.д. трудно измерить объективно;
4. неполнота и качество данных: ограниченный доступ к качественным данным по поведению, ошибкам и инцидентам и другие [3-9].

В работах таких авторов как О.В. Воробьевой, Я.С. Ворошилова, А. М. Завьялова, А.В. Аксенова, А.Л. Рыбалкиной и д.р. рассматриваются различные проблемы учета человеческого фактора [3-7]. Авторы рассматривают человеческий фактор с профессиональных, интеллектуальных, антропометрических и физиологических сторон в системе “человек - техническая система - производственная среда”, но количественная оценка психофизиологических компоненты человеческого фактора не учитывается в работах вышеуказанных авторов. В данной работе предлагается количественно учитывать психофизиологические особенности работника по следующим трем основным параметрам: восприятие информации (Ви), принятие решений (Пр) и выполнение действий работником (Вд). Их значимость подтверждается проведенным автором исследованиями [8-9]. Расчет данного показателя позволит учитывать человеческий фактор при оценке риска воздействия опасностей.

Рассмотрим формулу расчета риска воздействия опасностей с учетом влияния человеческого фактора:

$$R = (1 - ((1 - S_f) \cdot (1 - S_w) \cdot (1 - S_{hf}))) \cdot T \quad (1)$$

где S_f – вероятность воздействия опасности;

S_w – вероятность попадания работника в зону воздействия опасности;

S_{hf} – состояние человека, при котором он перестает воспринимать опасность, характеризуется комплексом психофизиологических свойств личности человека,

определяющее его безопасное взаимодействие в системе «человек-техническая система-производственная среда» - человеческий фактор;

Т – тяжесть неблагоприятных последствий.

Оценки вероятности воздействия опасности S_f предлагается в таблице 1.

Таблица 1

Значение вероятности опасности S_f

Уровень	Качественная характеристика вероятности опасностей		Вероятность	Балл
S_{f1}	Неправдоподобное	Опасность практически никогда не произойдет	Минимальная	0,2
S_{f2}	Маловероятное	Опасность случается редко	Умеренная	0,4
S_{f3}	Случайное	Вероятность опасности около 0,5	Существенная	0,6
S_{f4}	Вероятное	Скорее всего опасность произойдет	Значительная	0,8
S_{f5}	Частое	Опасность почти обязательно произойдет	Очень высокая	0,9

Для определения вероятности попадания работника в зону воздействия опасности S_w – время определяем в зависимости от графика работы (выборка от 1 до 24 часа) – делим время воздействия опасности ($T_{во}$) на время рабочей смены (T_c).

Для того, чтобы определить состояние человека, при котором он перестает воспринимать опасность S_{fh} необходимо экспертным методом оценить психофизиологические особенности работника с помощью интегрального критерия влияния человеческого фактора (далее ИКЧФ) по трем параметрам: V_n , P_p , V_d (таблица 2) [8-9].

Таблица 2

Шкала оценки параметра ИКЧФ

Балл	Уровень негативного влияния ЧФ	V_n	P_p	V_d
5	Низкий	Работник самостоятельно воспринимает и абсолютно правильно анализирует информацию при опасной ситуации.	Работник принимает абсолютно верное и безопасное решение.	Выполняет абсолютно верные действия в условиях сложившихся обстоятельств.
4	Ниже среднего	Работник самостоятельно воспринимает информацию в опасной ситуации. Не прогнозирует последствия.	Работник принимает верное, но не абсолютно безопасное решение.	Выполняет действия по инструкции с учетом существующего опыта в подобных ситуациях, без учета сложившихся обстоятельств.
3	Средний	Работник воспринимает информацию только на основе существующего опыта ошибок в подобных ситуациях.	Работник принимает в целом верное решение, но не учитывает сложившихся обстоятельств.	Выполняет действия по инструкции без учета опыта подобных ситуаций и сложившихся обстоятельств.
2	Выше среднего	Работник воспринимает информацию в опасной ситуации. Не знает, не замечает отклонений от стандартного техпроцесса.	Работник принимает частично верное решение, без учета сложившихся обстоятельств.	Выполняет действия по инструкции, частично, с нарушениями.
1	Высокий	Работник не воспринимает информацию в опасной ситуации. Не знает, не замечает отклонений от стандартного техпроцесса.	Работник принимает абсолютно неверное и опасное решение.	Нарушает инструкции. Действия могут привести к усугублению развития опасной ситуации.

Оценка ИКЧФ производится по формуле:

$$\text{ИКЧФ} = B_{\text{и}} \cdot d_1 + P_{\text{р}} \cdot d_2 + B_{\text{д}} \cdot d_3, \quad (2)$$

где $B_{\text{и}}$ – восприятие информации, $P_{\text{р}}$ – принятие решений, $B_{\text{д}}$ – выполнение действий, $d_1 = 0,29$, $d_2 = 0,37$, $d_3 = 0,34$ – весовые коэффициенты степени влияния параметров, эти величины определяются экспертным методом, в сумме составляют 1 [8-9].

Согласно полученным расчетным значениям ИКЧФ оценивается в диапазоне от 1 до 5. Исходя из расчета ИКЧФ по таблице 3 находим S_{hf} – состояние человека, при котором он перестает воспринимать опасность [8].

Таблица 3

Классификация влияния состояния человека S_{hf}

Значения ИКЧФ	Уровень S_{hf}	Степень негативного влияния ЧФ на вероятность риска воздействия
5	$S_{\text{hf}5} = 0,06$	Незначительная
4	$0,06 < S_{\text{hf}4} \leq 0,19$	Низкая
3	$0,19 < S_{\text{hf}3} \leq 0,36$	Умеренная
2	$0,36 < S_{\text{hf}2} \leq 0,59$	Высокая
1	$0,59 < S_{\text{hf}1} \leq 0,9$	Катастрофическая

Значение тяжести последствий T будем считать константой равной 1, то есть ущерб в любом случае произойдет, если существует вероятность реализации тех или иных внештатных ситуаций во время выполнения работником обязанностей, заканчивающихся воздействием опасностей на организм работающего.

На основании вышеперечисленного проводится расчет риска воздействия с учетом влияния человеческого фактора и определяется степень приемлемости человеческого фактора в зависимости от степени риска воздействия опасности, с помощью таблицы 4.

Таблица 4

Риск воздействия опасности с учетом негативного влияния человеческого фактора

Уровень R	Негативное влияние ЧФ	Характеристика влияния ЧФ на опасную ситуацию
	Степень	
$0,8 < R \leq 1$	Катастрофическая	Ошибки работников, в т. ч. серьезные, приведут к возникновению опасной ситуации. Вероятно получение тяжелого вреда здоровью (стойкая утрата проф. трудоспособности свыше 30%), в т. ч. полной утраты трудоспособности.
$0,6 < R \leq 0,8$	Высокая	Ошибки работников регулярны. Вероятно возникновение опасной ситуации и причинения вреда здоровью средней тяжести, в т. ч. с утратой проф. трудоспособности от 10 до 30 %.
$0,4 < R \leq 0,6$	Умеренная	Ошибки работников не регулярны, но могут привести к возникновению опасной ситуации и долговременной нетрудоспособности, в т. ч. утрате проф. трудоспособности менее 10 %.
$0,2 < R \leq 0,4$	Низкая	Возникновение опасной ситуации находится под контролем работников. В случае ее возникновения возможна временная нетрудоспособность.
$0 < R \leq 0,2$	Незначительная	Риск возникновения опасных ситуаций мало зависит от ЧФ. Какие-либо повреждения работников мало вероятны.

Исходя из того, что риск воздействия – это сочетание случайной возможности воздействия опасности на организм работающего и значимости (тяжести) последствий такого воздействия, то предложенный метод оценки риска воздействия опасностей с учетом влияния человеческого фактора позволяет учесть не только возможность (вероятность) и значимость (тяжесть) воздействия, но и влияние человеческого фактора на вероятность возникновения опасных событий [1].

На основе предложенного метода представляется возможным организация эффективного управления рисками возникновения опасных событий с учетом влияния человеческого фактора на вероятность реализации тех или иных внештатных ситуаций во время выполнения работником обязанностей, заканчивающихся воздействием опасностей на организм работающего, так как многолетний анализ показал, что системной причиной 70-80 % несчастных случаев на предприятиях является человеческий фактор [10]. Внедрение данного метода на основе количественного учета влияния человеческого фактора, с помощью оценивания психофизиологических составляющих, обеспечит наиболее эффективную организацию безопасных условий труда работников.

Список литературы

1. ГОСТ 12.0.230.5-2018. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ: межгосударственный стандарт / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=356792> (дата обращения 12.11.2025).
2. Е. В. Бакико, В. С. Сердюк, О. А. Цорина, А. М. Добренко, А. И. Фомин – DOI: 10.26631/issn.2072-6554 // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2021. – № 3. – С. 29–38.
3. Воробьева, О. В. Научное обоснование оценки и управления производственными рисками на угледобывающих предприятиях с учетом влияния человеческого фактора: специальность 05.26.01 «Охрана труда (по отраслям)»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О. В. Воробьева; Моск. гос. гор. ун-т. – Москва, 2009. – 21 с.
4. Ворошилов, Я. С. Модель компетентности работников в сфере безопасности труда / Я. С. Ворошилов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2 (51). – С. 25–28.

References

1. GOST 12.0.230.5-2018. Occupational Safety Standards System (OSSS). Occupational Safety Management Systems. Risk Assessment Methods for Ensuring Work Safety: Interstate Standard / Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (ISC). – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=356792> (accessed 12.11.2025).
2. E. V. Bakiko, V. S. Serdyuk, O. A. Tsorina, A. M. Dobrenko, A. I. Fomin – DOI: 10.26631/issn.2072-6554 // Bulletin of the Scientific Center for Occupational Safety in the Coal Industry. – 2021. – No. 3. – P. 29–38.
3. Vorobyova, O. V. Scientific substantiation of assessment and management of production risks at coal mining enterprises taking into account the influence of the human factor: specialty 05.26.01 "Occupational Safety (by industry)": author's abstract. dis. ... Cand. of Engineering Sciences / O. V. Vorobyova; Moscow state city University. - Moscow, 2009. - 21 p.
4. Voroshilov, Ya. S. Model of workers' competence in the field of occupational safety / Ya. S. Voroshilov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. - 2020. - No. 2 (51). - P. 25-28.

5. **Завьялов, А. М.** Применение методологии когнитивного моделирования для оценки и анализа влияния человеческого фактора на безопасность движения поездов и безопасность производственных процессов на транспорте / А. М. Завьялов // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 3. – С. 80–84.

6. **Аксенов, В. А.** Модель оценки влияния человека на функционирование человеко-машинных систем / В. А. Аксенов, А. М. Завьялов // Известия Транссиба. – 2014. – № 1 (17). – С. 116–119.

7. **Рыбалкина, А. Л.** Человеческий фактор и психология безопасности: учеб. пособие / А. Л. Рыбалкина; Моск. гос. техн. ун-т гражданской авиации (МГТУ ГА). – Москва: ИД Академии Жуковского, 2018. – 83 с. – ISBN 978-5-907081-50-5.

8. Ковальковская, Н.О. Шкалирование параметров влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска на объектах машиностроения / Н. О. Ковальковская, В. В. Кулешов, В. С. Сердюк, Е. В. Бакико. – DOI: 10.25206/1813-8225-2020-174-15-21 // Омский научный вестник. – 2020. – № 6 (174). – С. 15–21.

9. **Зонова, Н. О.** Оценка влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска / Н. О. Зонова, Е. В. Бакико, В. В. Кулешов, В. С. Сердюк // Безопасность жизнедеятельности. – 2022. – № 12. – С. 3–12.

10. **Михайленко, Е. Д.** Совершенствование системы управления охраной труда на основе компетентностного подхода к управлению человеческими ресурсами: специальность 05.26.01 «Охрана труда (по отраслям)»: дис ... канд. техн. наук / Е. Д. Михайленко; АО «Науч. центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли». – Кемерово, 2022. – 194 с.

5. **Zavyalov, A. M.** Application of cognitive modeling methodology for assessing and analyzing the impact of the human factor on the safety of train traffic and the safety of production processes in transport / A. M. Zavyalov // Science and technology of transport. – 2014. – No. 3. – P. 80-84.

6. **Aksyonov, V. A.** Model for assessing human influence on the functioning of human-machine systems / V. A. Aksyonov, A. M. Zavyalov // Transsib News. – 2014. – No. 1 (17). – P. 116-119.

7. **Rybalkina, A. L.** Human factor and psychology of safety: textbook / A. L. Rybalkina; Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTU GA). – Moscow: Zhukovsky Academy Publishing House, 2018. – 83 p. – ISBN 978-5-907081-50-5.

8. **Kovalkovskaya, N. O.** Scaling of parameters of the influence of the human factor on the level of professional risk at mechanical engineering facilities / N. O. Kovalkovskaya, V. V. Kuleshov, V. S. Serdyuk, E. V. Bakiko. – DOI: 10.25206/1813-8225-2020-174-15-21 // Omsk Scientific Bulletin. – 2020. – No. 6 (174). – P. 15–21.

9. **Zonova, N. O.** Assessment of the influence of the human factor on the level of professional risk / N. O. Zonova, E. V. Bakiko, V. V. Kuleshov, V. S. Serdyuk // Life Safety. – 2022. – No. 12. – P. 3-12.

10. **Mikhailenko, E. D.** Improving the occupational safety management system based on a competence-based approach to human resource management: specialty 05.26.01 "Occupational safety (by industry)": dis... Candidate of Technical Sciences / E. D. Mikhailenko; JSC "Scientific Center of VostNII for Industrial and Environmental Safety in the mining industry". – Kemerovo, 2022. – 194 p.

N. O. Zonova

PROBLEMS OF ACCOUNTING FOR THE HUMAN FACTOR IN THE QUANTITATIVE ASSESSMENT OF RISKS OF HAZARD EXPOSURE IN INDUSTRY

Abstract. The paper proposes a new method for assessing the risk of exposure to hazards, taking into account the influence of the human factor. The assessment involves the use of four main parameters: the probability of exposure to a hazard, the probability of an employee being exposed to a hazard, the state of a person in which they no longer perceive a hazard, which is characterized by a complex of psychophysiological properties of a person's personality that determines their safe interaction in the "human-technical system-production environment" system, and the severity of adverse consequences. The method of assessing the risk of exposure to hazards, taking into account the human factor, provides practical applicability for managers of industrial enterprises and occupational safety services, helping to improve the effectiveness of preventive measures and adapt occupational risk assessment strategies to different industries.

Keywords: exposure risk, human factor, risk quantification, hazard factor, time spent in the hazard zone.

For citation: Zonova, N. O. Problems of Accounting for the Human Factor in the Quantitative Assessment of Risks of Hazard Exposure in Industry / N. O. Zonova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 4. – P. 35–41. – DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_35.

Сведения об авторах

Зонова Надежда Олеговна

Омский государственный технический университет (ОмГТУ),
кафедра «Промышленная экология и безопасность»,
старший преподаватель,
e-mail: kow-nad2009.92@mail.ru

Information about the authors

Zonova Nadegda Olegovna

Omsk State Technical University (OSTU),
Chair «Industrial Ecology and Safety»,
Senior Lecturer,
e-mail: kow-nad2009.92@mail.ru