

## ШКАЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА УРОВЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ОБЪЕКТАХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В статье рассматриваются вопросы обеспечения безопасности на рабочих местах в машиностроительной отрасли на основе учета влияния человеческого фактора. Показана значимость и дана количественная оценка влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска. Предложен интегральный критерий для оценки влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска, который может быть использован специалистами в своей работе. Для практических расчетов разработаны шкалы оценок «Восприятие информации», «Принятие решений» и «Выполнение действий». Определены эмпирические и весовые коэффициенты параметров интегрального критерия, отображающие зависимость влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска. Установлена логарифмическая зависимость между человеческим фактором и уровнем профессионального риска.

**Ключевые слова:** профессиональный риск, шкалирование параметров влияния человеческого фактора, интегральный критерий человеческого фактора, количественная оценка, экспертный метод, риск.

**Введение.** В последнее время понятие профессионального риска (ПР) в рамках производства, а также его определение при выполнении конкретных работ и операций на рабочих местах в организации, занимает важное место в системе обеспечения требований охраны труда (ОТ) на территории РФ [1].

Отрасль машиностроения характеризуется наличием ряда специфических производственных этапов по подготовке, производству, испытанию и реализации продукции, которые сопровождаются в любой момент времени событиями, положительно или отрицательно влияющими на результаты производства. Поэтому обеспечение безопасности на рабочих местах в машиностроительной отрасли является одной из важных задач, способствующих минимизации последствий неблагоприятных событий и снижению травматизма [1]. Результаты исследований зарубежных авторов свидетельствуют о необходимости обеспечения безопасности на рабочих местах и повышения уровня охраны труда в организациях машиностроительной отрасли [2–4].

Анализ причин большинства несчастных случаев на производстве показал, что наиболее распространенными являются несоблюдения правил охраны труда при организации и выполнении работ. Так,

по статистике около 10–20 % несчастных случаев на производстве связаны с конструкторскими, управленческими и инженерными ошибками, а 80–90 % приходится на долю ошибок людей, деятельность которых непосредственно осуществляется с повышенным риском на производстве [5]. Следовательно, наиболее опасным и наименее надежным звеном в цепи производственного процесса «человек – техническая система – производственная среда» являются человек и его действия или бездействия, так называемый «человеческий фактор» (ЧФ) [6].

Исследователи Djapan M., Macuzic I., Tadic D., Baldissone G. считают, что для управления безопасностью необходимо учитывать три основных фактора — человеческий, организационный и технико-технологический [7]. Есть также утверждение, что большинство несчастных случаев в промышленности связано с человеческими, а также техническими факторами [8]. При этом авторы поясняют, что если бы люди были компетентнее и действовали осознаннее, то большая часть несчастных случаев могла быть предотвращена. Vadrì и соавторы показали, что в современной индустрии для повышения уровня охраны труда необходимо уделить особое внимание эргономике и исследованию ЧФ [9]. Этой

же точки зрения в своих работах придерживаются и российские ученые [5, 6].

Сегодня руководство многих развитых промышленных преуспевающих компаний в России понимает приоритет обеспечения безопасности и здоровья работников. Они считают систему управления профессиональными рисками (СУПР) одним из главных компонентов финансового успеха. Следовательно, эффективное управление уровнем ПР с учетом ЧФ при наличии компетентного специалиста по ОТ можно считать одним из современных инструментов СУПР на объектах машиностроения в России.

Необходимо тщательно подходить к оценке влияния ЧФ на снижение несчастных случаев и профессиональных заболеваний работников, то есть — снижение уровней ПР [8].

Так, российские ученые Ворошилов Я. С. и Файнбург Г. З. считают, что управлять профессиональным риском можно через управление ЧФ, совершенствование технических систем и систем контроля за состоянием безопасности на рабочих местах [10, 11].

Одной из основных причин, которые значительно повышают влияние человека на вероятность возникновения несчастного случая, является сложность системы «человек — машина» и роль, отводимая человеку-оператору в управлении технологическим процессом (техпроцессом) и производственным оборудованием. Это существенно повышает значимость оценки ЧФ в машиностроительной отрасли. В условиях повсеместной автоматизации техпроцессов это особенно актуально в связи с тем, что большую часть производственной деятельности выполняет человек-оператор. При очевидном снижении травматизма влияние ЧФ, как причины возникновения инцидентов, приводящих к несчастным случаям (далее НС), не уменьшается. Ошибка человека-оператора может повлечь за собой возникновение сбоя техпроцесса, несчастных случаев, аварий. Поэтому авторы считают, что в данной отрасли управление ЧФ является одним из эффективных инструментов снижения уровня ПР на рабочих местах.

Методология управления уровнями ПР в машиностроительной отрасли требует изучения, оценки возможности и необходимости применения определенных методов на практике.

**Постановка задачи.** Представленный анализ показывает необходимость учёта человеческого фактора при оценке уровня профессионального риска на производстве.

Целью данной работы является количественная оценка влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска для исследуемых объектов машиностроения.

В работе использовались экспертный метод, метод анкетирования, аналитический метод анализа литературных данных, метод теоретического обобщения полученных результатов, метод многомерно-шкалирования.

**Теория.** Большой объём исследований в области управления ПР показал, что количественные методы оценки влияния ЧФ на уровень ПР применяются редко. Причиной этого является низкая мотивация высшего руководства и низкая компетентность специалистов по ОТ в машиностроительной отрасли. Однако именно количественная оценка позволяет прогнозировать и управлять влиянием ЧФ на уровень ПР.

Трудовым кодексом и другими федеральными законами установлено, что ПР — вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что на уровень ПР влияет только воздействие производственных факторов и не учитывается влияние ЧФ.

Согласно МС ИСО 45001:2018, риск в области профессиональной безопасности и охраны здоровья (ОН&S risk) — это сочетание вероятности возникновения связанного с работой опасного события или воздействия, и степени серьезности травмы или вреда здоровью, которые могут быть вызваны данным событием или воздействием. Под опасным событием понимается событие, которое может причинить вред.

Поэтому в работе примем значение максимального уровня ПР (сочетание произошедшего опасного события с максимальным причинением вреда здоровью работника), равное 1.

Исследования авторов показали, что ЧФ оказывает значимое влияние на уровень ПР и может способствовать как возникновению опасных ситуаций и увеличению негативных последствий, так и их снижению.

Для проведения анализа, оценки и упорядочения всех выявленных опасностей на определенных объектах машиностроительного комплекса выполнена количественная оценка ЧФ исходя из приоритета необходимости снижения его влияния на уровень ПР.

Такие исследования проводились в организациях машиностроительной отрасли, которые являются производителями шахтной техники, светодиодных приборов освещения, измерительных приборов.

В процессе исследований экспертной оценкой эффективности функционирования системы управления охраной труда (СУОТ) в рассматриваемых организациях были идентифицированы факторы, оказывающие влияние на уровень ПР. Выявлено, что одним из эффективных способов снижения уровня ПР является уменьшение влияния ЧФ.

Авторами было проведено анкетирование различных категорий персонала (работников основных и вспомогательных производств и их непосредственных руководителей) предприятий машиностроительной отрасли. В результате чего были установлены и сгруппированы причины, оказывающие доминирующее влияние на исследуемых объектах на уровень ПР (табл. 1). Из таблицы видно, что основными причинами несчастных случаев на исследуемых объектах являются человеческий фактор, нарушение технологического процесса, функциональное устаревание оборудования (моральный и технологический износ), необеспеченность и низкая эффективность средств защиты. Они дают высокую и значительную вероятность возникновения и тяжести последствий несчастного случая. Поэтому одним из эффективных способов снижения уровня ПР является уменьшение влияния ЧФ [9].

Авторы считают необходимым оценивать влияние ЧФ количественно, определять приемлемые его диапазоны для заданной организации, техпроцесса, вида работ, профессии. При этом следует более точно устанавливать критерии отбора и подготовки работников, состояние конструкции человеко-машинного «интерфейса», а также системы управления техпроцессом.

Причины несчастных случаев по основным техпроцессам в машиностроении

Причины НС в машиностроении	Вероятность возникновения НС		Тяжесть последствий	
	Качественная оценка	Количественная оценка	Качественная оценка	Балльная оценка
ЧФ	почти стопроцентная	$0,8 < Q \leq 1$	критическая	5
Нарушение технологического процесса				
Моральный и технологический износ	высокая	$0,6 < Q \leq 0,79$	значительная	4
Отсутствие, неприменение или неправильное применение средств индивидуальной защиты				
Незначительные недостатки в обучении безопасным методам и приемам	средняя	$0,4 < Q \leq 0,59$	умеренная	3
Нарушение трудовой и производственной дисциплины, что влияет на ЧФ				
Техническая неисправность механизмов, оборудования и инструментов	низкая	$0,2 < Q \leq 0,39$	ощутимая	2
Конструктивные недостатки механизмов, оборудования и инструментов				
Технологическое отставание российского машиностроения	пренебрежительно мала	$0,1 < Q \leq 0,19$	незначительная	1

Необходимо отметить, что применение как передового опыта, так и отечественного в области оценки влияния ЧФ на уровень ПР на объектах машиностроения возможно только при наличии в организации специалиста по охране труда высокого уровня профессиональной компетентности.

**Результаты экспериментов.** В данной работе авторами предложен усовершенствованный и относительно простой метод количественной оценки влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска применительно к машиностроительной отрасли. Входные параметры для расчета изначально оцениваются качественно по заданному техпроцессу с субъективной погрешностью оценки, затем с использованием шкалы оценок преобразовываются в количественные параметры. Весовые коэффициенты, используемые в расчете, позволяют учитывать значение каждого из параметров ЧФ для достижения максимального уровня безопасности при различных техпроцессах. Весовые коэффициенты могут задаваться или рассчитываться классическим моделированием.

Авторский метод основан на опыте исследований коллег при получении количественной оценки ЧФ [11–13]. В приведенных анализируемых исследованиях интегрального критерия оценки воздействия ЧФ на уровень ПР использовались три параметра: мотивация, квалификация и выполнение функций работников [13]. Предложенный авторами подход предполагает расчет влияния ЧФ по следующим трем основным параметрам: восприятие информации ( $V_i$ ), принятие решений ( $P_r$ ) и выполнение действий работников ( $V_d$ ). Их значимость подтверждается проведенным авторами исследованием. Эти параметры количественной оценки имеют каждый свой весовой коэффициент ( $d$ ) и интегрированы в один критерий — интегральный коэффициент человеческого фактора (ИКЧФ). Они определяют характеристики ЧФ, чтобы сформиро-

вать плотную когнитивную петлю, а именно связь уровня знаний с уровнем верных и безопасных действий.

Таким образом, интегральный критерий влияния человеческого фактора на уровень ПР для заданного техпроцесса (технологической операции) или для объекта машиностроения в целом рассчитывается:

$$\text{ИКЧФ} = V_i \cdot d_1 + P_r \cdot d_2 + V_d \cdot d_3, \quad (1)$$

где  $V_i$  — средняя оценка восприятия информации работниками;  $P_r$  — средняя оценка принятия решений;  $V_d$  — средняя оценка выполнения действий работниками;  $d_1, d_2, d_3$  — весовые коэффициенты, отражающие степень влияния восприятия информации, принятия решений и выполнения действий на безопасность соответственно.

Весовые коэффициенты могут определяться экспертным методом или задаваться компетентным специалистом по ОТ (менеджером по безопасности). При этом должно выполняться условие:  $d_1 + d_2 + d_3 = 1$  для заданного техпроцесса (технологической операции) или организации в целом.

В данном исследовании весовые коэффициенты определены для рассматриваемой машиностроительной организации экспертным методом. Экспертам было предложено оценить значимость влияния параметров ИКЧФ на безопасность определенных техпроцессов. Получены средние значения весовых коэффициентов для исследуемой организации:  $d_1 = 0,24$ ;  $d_2 = 0,34$ ;  $d_3 = 0,42$ .

Для использования предложенного ИКЧФ на практике может понадобиться дополнительное обучение специалиста по охране труда по краткосрочной программе повышения квалификации. Ему необходимо получить знания в области управления человеческим фактором в целях снижения безопасности труда. Однако для специалиста высокого уровня профессиональной компетентности, по на-

Шкала оценки «Восприятие информации»

	Характеристика поведения человека при выполнении техпроцесса	Оценка параметра	
		Качественная (влияние параметра)	Количественная (балл)
Восприятие информации (Ви)	Работник самостоятельно воспринимает и анализирует информацию при опасной ситуации. Знает и замечает даже незначительные отклонения от стандартного техпроцесса. Прогнозирует последствия.	конструктивно	5
	Работник самостоятельно воспринимает информацию в опасной ситуации. Знает и замечает отклонения от стандартного техпроцесса. Не прогнозирует последствия.		4
	Работник воспринимает информацию только на основе существующего опыта ошибок в подобных ситуациях. Знает, но не замечает отклонения от стандартного техпроцесса.	среднестатистически	3
	Работник воспринимает информацию в опасной ситуации. Не знает, не замечает отклонений от стандартного техпроцесса. Отсутствует опыт ошибок в подобных ситуациях.	деструктивно	2
	Работник не воспринимает информацию в опасной ситуации. Не знает, не замечает отклонений от стандартного техпроцесса.		1

Таблица 3

Шкала оценки «Принятие решений»

	Характеристика поведения человека при выполнении техпроцесса	Оценка параметра	
		Качественная (влияние параметра)	Количественная (балл)
Принятие решений (Пр)	Работник принимает верное и безопасное решение превентивного характера с учетом сложившихся обстоятельств, исключающее и предотвращающее возникновение опасной ситуации.	рационально	5
	Работник принимает верное, но не абсолютно безопасное решение с учетом сложившихся обстоятельств. Это может привести к возникновению опасной ситуации.		4
	Работник принимает в целом верное решение, но не учитывает сложившихся обстоятельств. Вероятно, возникнет опасная ситуация.	стандартно	3
	Работник принимает частично верное решение, без учета сложившихся обстоятельств, которое может повлечь за собой развитие опасной ситуации.	иррационально	2
	Работник принимает абсолютно неверное и опасное решение без учета сложившихся обстоятельств, которое приведет к развитию опасной ситуации.		1

шему мнению, такое обучения не понадобится [14].

Наряду с этим авторами разработаны шкалы оценки параметров ИКЧФ (табл. 2–4) и показаны уровни его параметров (табл. 5). За их основу взяты сведения из работы коллег для угледобывающего предприятия [13], которые в последующем переработаны и адаптированы авторами для машиностроительной отрасли.

Для расчёта ИКЧФ по шкалам необходимо определить средние значения параметров работников основных технологических операций. Величина Ви определяется средним баллом, характеризующим способность работников воспринимать и анализировать информацию, использовать опыт, полученный в результате отклонений

от стандартного техпроцесса. Величина Пр определяется средним баллом, характеризующим характер и последствия принятия решений работниками. Вд — определяется средним баллом, характеризующим выполнение работы с учетом требований безопасности по инструкции.

Важно отметить область применения данного интегрального критерия. Определение параметров ИКЧФ может производиться для оценки влияния ЧФ в ситуации стандартного техпроцесса, при анализе периодически возникающих отклонений (путем моделирования вероятных опасных ситуаций) или при анализе произошедшей опасной ситуации. Кроме того, ИКЧФ может служить оценкой качества обучения безопасным методом

Шкала оценки «Выполнение действий»

	Характеристика поведения человека при выполнении техпроцесса	Оценка параметра	
		Качественная (влияние параметра)	Количественная (балл)
Выполнение Действий (Вд)	С высокой квалификацией выполняет действия в условиях сложившихся обстоятельств без нарушений инструкций.	квалифицированно	5
	Выполняет действия по инструкции с учетом существующего опыта в подобных ситуациях, без учета сложившихся обстоятельств.		4
	Выполняет действия по инструкции без учета опыта подобных ситуаций и сложившихся обстоятельств.	по инструкции	3
	Выполняет действия по инструкции, частично, с нарушениями. Отсутствуют практические навыки верных и безопасных действий в нестандартных ситуациях.	неквалифицированно	2
	Нарушает инструкции. Действия могут привести к усугублению развития опасной ситуации.		1

Таблица 5

Шкала определения уровня параметра ИКЧФ

Балльная оценка	Влияние параметров на ПР			Уровень параметра
	Ви	Пр	Вд	
5	конструктивное	рациональное	квалифицированно	высокий
4				выше среднего
3	среднестатистическое	стандартное	по инструкции	средний
2	деструктивное	иррациональное	неквалифицированно	ниже среднего
1				низкий

и приемам работы, оценкой эффективности СУПР в организации, одним из обоснованных критериев определения приемлемого уровня ПР, основой для профессионального отбора работников, занятых на опасных технологических операциях и т.д.

Так, на примере метода, описанного в работе «Управление производственными рисками на объектах машиностроительного комплекса» [15], дополнив предложенную модель критерием ИКЧФ, можно прогнозировать риски данным методом с учетом влияния ЧФ.

Таким образом, расчёт ИКЧФ может производиться в зависимости от поставленной задачи на производстве. В данной работе авторами представлен расчет параметров ИКЧФ в рамках анализа исполнения обязанностей работников в определенных реализовавшихся опасных ситуациях.

С целью определения значений параметров ИКЧФ для рассматриваемых техпроцессов проведено анкетирование указанных выше категорий работников. В результате анализа данных авторами получены следующие средние значения: Ви = 2,64; Пр = 2,61; Вд = 2,46.

Подставив в формулу (1) данные значения, определено значение ИКЧФ для одного из объектов машиностроения

$$\text{ИКЧФ} = 2,64 \cdot 0,24 + 2,61 \cdot 0,34 + 2,46 \cdot 0,42 = 2,55.$$

Аналогично получен ряд значений ИКЧФ для других объектов машиностроения и аналогичных техпроцессов. Анализ ИКЧФ позволил показать влияние ЧФ на уровень ПР и установить математическую зависимость, представленную на рис. 1.

Согласно полученным расчетным значениям, она описывается логарифмической функцией в диапазоне значения величин ИКЧФ от 1 до 5. Аппроксимацией полученных экспериментальных данных методом наименьших квадратов определены эмпирические коэффициенты  $a$  и  $b$  для описания зависимости влияния ЧФ на уровень ПР. Определена связь между переменными при помощи критерия корреляции Пирсона.

Полученная зависимость позволяет прогнозировать влияние ЧФ на уровень ПР исходя из значений ИКЧФ, что даёт возможность управлять ими, изменяя ИКЧФ. Это, в свою очередь, позволяет определить «приемлемые» или требуемые для работодателя диапазоны влияния ЧФ исходя из контингента работников машиностроительной организации, заданного техпроцесса, вида работ, профессии. Достичь приемлемых диапазонов можно посредством повышения уровней параметров ИКЧФ.

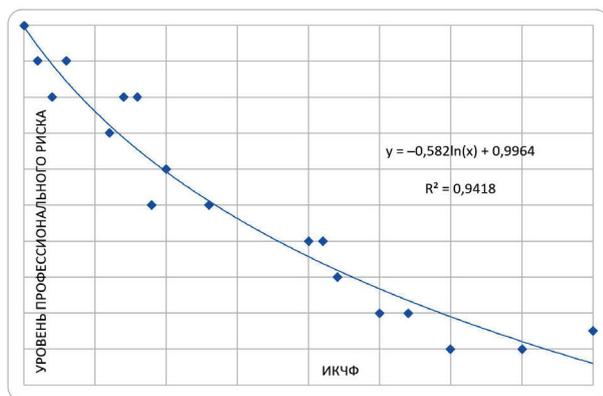


Рис. 1. Влияние человеческого фактора на уровень профессионального риска

Таким образом, влияние ЧФ на уровень ПР описывается следующей логарифмической функцией:

$$R_{\text{чф}} = f(\text{ИКЧФ}) = a \ln(x) + b, \quad (2)$$

где  $R_{\text{чф}}$  — уровень ПР с учетом влияния ЧФ;  $x$  — численно равен ИКЧФ.

В нашем случае:  $a = 0,582$ ;  $b = 0,996$ ;  $R_{\text{чф}} = -0,582 \ln(2,55) + 0,996 = 0,4516$ .

Полученная зависимость может являться современным инструментом для компетентных специалистов по охране труда для определения форм обучения работников отдельных категорий безопасности труда [15].

**Обсуждение экспериментов.** Выявленная зависимость позволила авторам определить степени влияния ЧФ на уровень ПР исходя из расчетных значений ИКЧФ по формуле (2). Кроме того, расчеты позволили классифицировать данное влияние (табл. 6).

Из таблицы видно, насколько снижается уровень ПР при снижении степени влияния ЧФ

на один класс. В организациях с 1-м классом влияния ЧФ особенно значимым можно считать результат, обеспечивающий снижение степени влияния ЧФ до 2-го класса, так как это позволит снизить уровень ПР почти в 2 раза. Организации, достигшие 4-го класса влияния ЧФ, демонстрируют высокую эффективность СУОТ, СУПР и имеют, очевидно, передовой опыт управления ЧФ. Организации с 5-м классом влияния ЧФ можно отнести к эталонным.

В нашем случае степень влияния ЧФ на уровень ПР исследуемых техпроцессов в организации — «средняя». Это подтверждается количеством опасных ситуаций, причиной которых явился ЧФ, и их последствиями на исследуемых предприятиях.

При этом необходимо отметить наличие компетентных специалистов по охране труда на исследуемых объектах, которые проявили профессиональный интерес к результатам исследований. Опыт, полученный в ходе проведения экспериментов, будет использован ими в дальнейшей работе по повышению безопасности в отдельных технологических процессах.

В результате данных исследований получены следующие научно-обоснованные результаты:

1. Показано негативное влияние ЧФ на возникновение опасностей и несчастных случаев по основным технологическим процессам в машиностроительных организациях.
2. Выполнена оценка влияния ЧФ на уровень ПР с помощью интегрального критерия ИКЧФ. Он учитывает три параметра: восприятие информации, принятие решений и выполнение действий.
3. Предложены шкалы оценки параметров и уровня ИКЧФ для применения их на практике:
  - шкала оценки «Восприятие информации»;
  - шкала оценки «Принятие решений»;
  - шкала оценки «Выполнение действий»;
  - шкала определения уровня параметра ИКЧФ.
4. Получена математическая закономерность влияния ЧФ на уровень ПР для исследуемых в работе техпроцессов.

Таблица 6

Классификация влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска

Значения ИКЧФ	Уровень ПР, $R_{\text{чф}}$	Влияние ЧФ на ПР		Характеристика влияния ЧФ на уровень ПР
		Степень	Класс	
5	$0,59 < R \leq 1$	высокая	1	Ошибки работников, в т. ч. серьезные, приведут к возникновению опасной ситуации. Вероятно причинение тяжелого вреда здоровью (стойкая утрата проф. трудоспособности свыше 30 %), в т. ч. полной утраты трудоспособности.
4	$0,36 < R \leq 0,59$	средняя	2	Ошибки работников регулярны. Вероятно возникновение опасной ситуации и причинение вреда здоровью средней тяжести, в т. ч. с утратой проф. трудоспособности от 10 до 30 %.
3	$0,19 < R \leq 0,36$	умеренная	3	Ошибки работников нерегулярны, но могут привести к возникновению опасной ситуации и долговременной нетрудоспособности, в т. ч. утрате проф. трудоспособности менее 10 %.
2	$0,06 < R \leq 0,19$	низкая	4	Возникновение опасной ситуации находится под контролем работников. В случае ее возникновения возможна временная нетрудоспособность.
1	$R \leq 0,06$	незначительная	5	Риск возникновения опасных ситуаций мало зависит от ЧФ. Какие-либо повреждения работников маловероятны.

5. Предложена классификация из 5-ти классов влияния ЧФ на уровень ПР. Показаны обобщенные характеристики влияния ЧФ на уровень ПР. Классификация позволяет анализировать и прогнозировать уровни ПР, а значит, обоснованно управлять влиянием ЧФ на них.

**Заключение.** Предложенный инженерный подход к оценке ПР с использованием учета влияния ЧФ позволяет рассчитать количественную оценку уровня влияния ЧФ на уровень ПР работников в различных технологических операциях. Результаты данной работы могут применяться на объектах машиностроения для реализации следующих процедур:

- количественной оценки влияния ЧФ на уровень ПР в заданных техпроцессах машиностроительных производств;

- определения способов и средств снижения степени влияния ЧФ на уровень ПР;

- оценки эффективности процедур, направленных на снижение влияния ЧФ на уровень ПР на предприятиях машиностроения;

- профессионального отбора работников, занятых в основных и вспомогательных техпроцессах, с точки зрения безопасности.

#### Библиографический список

1. Никитина Ю. М. Характерные риски российских машиностроительных предприятий // Синергия наук. 2017. № 18. С. 396–401.
2. Dida N., Darega J., Lemesa F. [et al.]. Occupational Injury and Its Correlated Factors among Small-Scale Industry Workers in Towns of Bale Zone, Southeast Ethiopia // Journal of Environmental and Public Health. 2019. Vol. 2019. P. 161–162. DOI: 10.1155/2019/4987974.
3. Hofmann D. A., Burke M. J., Zohar D. 100 years of occupational safety research: From basic protections and work analysis to a multilevel view of workplace safety and risk // Journal of Applied Psychology. 2017. Vol. 102 (3). P. 375–388. DOI: 10.1037/apl0000114.
4. Lingeswaran M. R., Prabu M., Magibalan S., Christy T. V. Occupational health and safety in stamping industry // Advances in Natural and Applied Sciences. 2016. Vol. 10, no. 2. P. 61–64.
5. Новиков Н. Н., Руководящие принципы Международной ассоциации социального обеспечения по профилактике производственных рисков // Охрана труда и пожарная безопасность. 2016. № 4. С. 28–40. URL: <https://otpb.com.ru/journal/ohrana-truda-i-pozharnaya-bezopasnost-aprel-2016> (дата обращения: 20.10.2020).
6. Машков Д. М. Формирование проектной системы управления рисками промышленных предприятий // Экономика, статистика и информатика. 2015. № 1. С. 89–93. URL: <https://statecon.rea.ru/jour/article/download/646/628> (дата обращения: 20.10.2020).
7. DJapan M., Macuzic I., Tadic D., Baldissoni G. An innovative prognostic risk assessment tool for manufacturing sector based on the management of the human, organizational and technical/technological factors // Safety Science. 2019. Vol. 119. P. 280–291. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.02.032.
8. Aras F., Karakaş E., Biçen Y. Fuzzy logic-based user interface design for risk assessment considering human factor: a case study for high-voltage cell // Safety Science. 2014. Vol. 70. P. 387–396. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.07.013.
9. Badri A., Boudreau-Trudel B., Souissi A. S. Occupational health and safety in the industry 4.0 era: a cause for major concern? // Safety Science. 2018. Vol. 109. P. 403–411. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.06.012.
10. Файнбург Г. З. Безопасность управления рисками и трудовой деятельности: принципы и методы их реализа-

ции // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Безопасность и управление рисками. 2014. № 1. С. 174–186.

11. Ворошилов Я. С. Многоуровневая модель компетентности работников в сфере безопасности труда // Горная промышленность. 2020. № 2. С. 125–129. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-125-129.

12. Гершгорин В. С., Петухова Л. П. Человеческий фактор и культура безопасности производственной деятельности: моногр. Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2016. 446 с. ISBN 978-5-8353-1504-8.

13. Воробьева О. В. Научное обоснование оценки и управления производственными рисками на угледобывающих предприятиях с учетом влияния человеческого фактора: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 21 с.

14. Бакико Е. В., Фадеева В. В., Сердюк В. С. Организационно-экономический аспект формирования профессиональной компетентности специалиста по охране труда // Омский научный вестник. Сер. Общество. История. Современность. 2020. Т. 5, № 2. С. 160–168. DOI: 10.25206/2542-0488-2020-5-2-160-168.

15. Сердюк В. С., Добренко А. М., Цорина О. А., Бакико Е. В. Управление производственными рисками на объектах машиностроительного комплекса // Омский научный вестник. 2019. № 5 (167). С. 5–9. DOI: 10.25206/1813-8225-2019-167-5-9.

**КОВАЛЬКОВСКАЯ Надежда Олеговна**, ассистент кафедры «Промышленная экология и безопасность».

SPIN-код: 5982-2707

AuthorID (РИНЦ): 829493

ORCID: 0000-0002-5816-0838

AuthorID (SCOPUS): 57209775497

Адрес для переписки: [kow-nad2009.92@mail.ru](mailto:kow-nad2009.92@mail.ru)

**КУЛЕШОВ Владимир Владимирович**, ассистент кафедры «Промышленная экология и безопасность».

SPIN-код: 4073-9010

AuthorID (РИНЦ): 888266

ORCID: 0000-0002-2316-8661

AuthorID (SCOPUS): 57214692444

Адрес для переписки: [vmvkv@mail.ru](mailto:vmvkv@mail.ru)

**СЕРДЮК Виталий Степанович**, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Промышленная экология и безопасность».

SPIN-код: 9729-9391

AuthorID (РИНЦ): 175179

AuthorID (SCOPUS): 57203345215

Адрес для переписки: [ibgd.omsk@yandex.ru](mailto:ibgd.omsk@yandex.ru)

**БАКИКО Елена Владимировна**, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность».

SPIN-код: 2103-4976

AuthorID (РИНЦ): 893612

ORCID: 0000-002-7673-4428

AuthorID (SCOPUS): 57203343551

Адрес для переписки: [Bakiko@mail.ru](mailto:Bakiko@mail.ru)

#### Для цитирования

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

Статья поступила в редакцию 30.10.2020 г.

© Н. О. Ковальковская, В. В. Кулешов, В. С. Сердюк, Е. В. Бакико